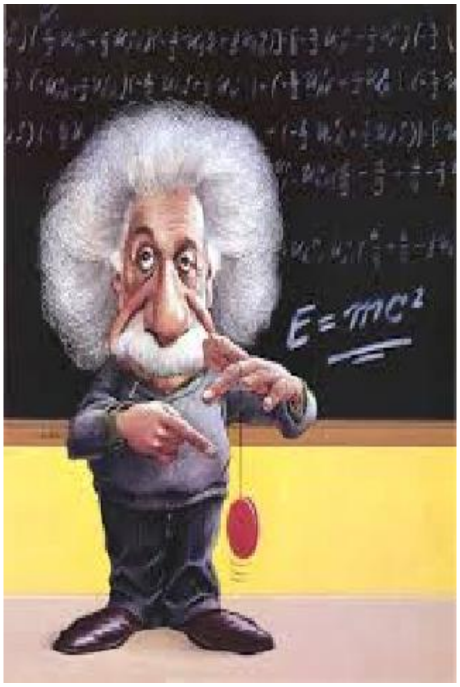
وزارة التربية

منطقة العاصمة التعليمية

ثانوية جاسم الخرافي

2016/ 2017

الفـــــــيـــــــــزيـــــــاء



أسم الطالب / ....

الصف / ....

الصف الثاني عشر

اعداد / محمد نبيل

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس 1 - 1 : الشـغـل

الطاقة :

امكانية انجاز شغل .

الشغل :

عملية تقوم فيها قوة مؤثرة بأزاحة جسم في اتجاهها .
حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والازاحة .

- لذلك اذا دفع عامل صندوق من دون تحريكه فانه يجهد نفسه دون بذل شغل لأن الازاحة تساوي صفر
- عند حملك حقيبة ثقيلة دون تحريكها فانك لا تبذل شغل.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

$$W = F\, d \cos\theta$$

W	الشغل	=====>	J
F	القوة	=====>	N
d	الأزاحة	=====>	m
θ	الزاوية بين القوة والازاحة	=====>	درجة

الجول :

هو الشغل الذي تبذله قوة مقدارها 1 N تحرك الجسم في اتجاهها مسافة واحد متر.

العوامل التي يتوقف عليها مقدار الشغل :

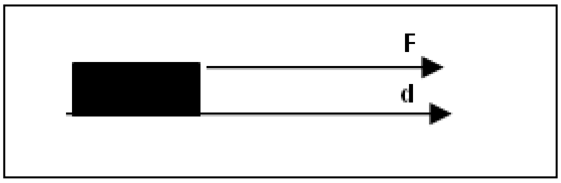
1- القوة
2- الأزاحة
3- الزاوية بين القوة و الازاحة .

س: ما المقصود أن الشغل المبذول علي جسم يساوي 100 J

اي أنه اذا اثرت علي الجسم قوة مقدارها 100 N تسبب للجسم ازاحة مقدارها 1 M في اتجاهها .

حالات تغير الزاوية بين القوة والازاحة :

1- اذا كانت القوة والازاحة في نفس الاتجاه :



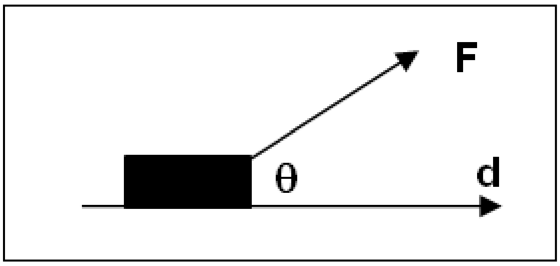
$\theta = zero$,, $\cos(0) = 1$

$W = Fd$

تكون أكبر قيمة للشغل

الشغل = قيمة موجبة

2- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة $0 < \theta < 90^0$

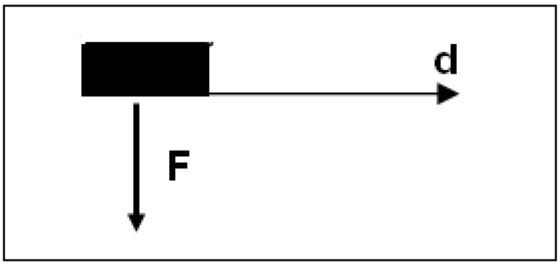


$\cos\theta = +$

$W = F\,d\cos\theta$

تكون قيمة الشغل موجبة

3- اذا كانت القوة عمودية علي اتجاه الأزاحة $\theta = 90^0$

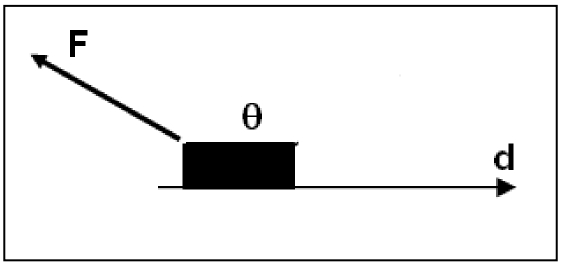


$\theta = 90$,, $\cos(90) = zero$

$w = zero$

تنعدم قيمة الشغل

4- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة $90 < \theta < 180^0$

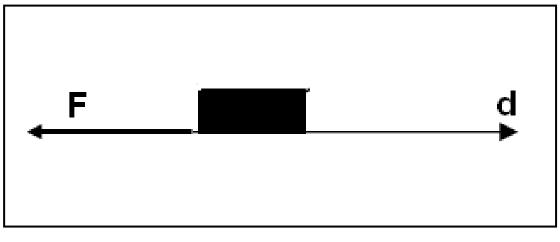


$\cos\theta = -$

$W = F\,d\cos\theta$

تكون قيمة الشغل سالب

5- اذا كانت القوة اتجاهها معاكس لاتجاه الازاحة .



$\theta = 180^0$,, $\cos(180) = -1$

$W = -Fd$

الشغل = قيمة سالبة

مـلاحـظـات :

1- الشغل كمية عددية و ليس كمية متجهة , لانه حاصل الضرب العددي لمتجهي القوة والازاحة .

2- يقاس الشغل بوحدة قياس تسمي الجول J وهي تكافئ N.M

3- الشغل بمفهومه الفيزيائي لا يعني بذل الجهد أو التعب .

4- اكبر قيمة للشغل عندما تكون القوة نفس اتجاه الازاحة .

$\theta = zero$,, $\cos(0) = 1$ $\qquad$ $W = Fd$

تكون أكبر قيمة للشغل $\qquad$ الشغل = قيمة موجبة

5- تنعدم قيمة الشغل عندما تكون الزاوية بين القوة والأزاحة 90^0

$\theta = 90$,, $\cos(90) = zero$ $\qquad$ $w = zero$

مثال : الشغل المبذول من وزن السيارة عندما تتحرك علي طريق أفقي يساوي صفر.
- الشغل المبذول من الوزن عند حمل حقيبة ثقيلة والتحرك بها علي مسار أفقي يساوي صفر.

6- يكون الشغل قيمة سالبة عندما تكون الزاوية بين القوة و الازاحة 180^0

$$W = - Fd$$

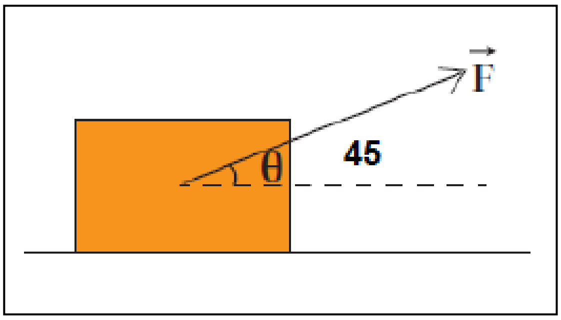
لذلك يكون شغل قوة الاحتكاك دائما سالب . لان قوة الاحتكاك تعمل دائما عكس أتجاه الحركة

7- اذا كان الشغل قيمة موجبة يسمي شغل منتج او شغل منجز او شغل مفيد
واذا كان الشغل ينتج عنه حركة تزداد سرعة الجسم .

8- اذا كان الشغل قيمة سالبة يسمي شغل معيق او شغل مقاوم
واذا كان الشغل ينتج عنه حركة تقل سرعة الجسم .

مثال - صندوق خشبي موضوع علي مستوي افقي ينزلق مسافة 5 M بالأتجاه الموجب للمحور الأفقي أحسب الشغل الناتج عن كل من القوي التالية وحدد اذا كان الشغل منتج ام مقاوم .

1- قوة F_1=10 N منتظمة تصنع زاوية مقدارها 45^0 مع المحور الأفقي كما بالرسم.

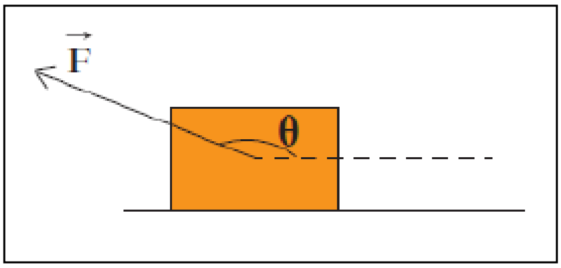


$$W = F\ d \cos\theta$$

$$W = (10)\ (5) \cos(45)$$

$$W = +\ 35.35\ J$$

2- قوة F_2 = 15 N منتظمة تصنع زاوية مقدارها 120^0 مع المحور الأفقي كما بالرسم.



$$W = F\ d \cos\theta$$

$$W = (15)\ (5) \cos(120)$$

$$W = -37.5\ J$$

مثال $\frac{1}{20}$ الهامش : قوتان تعملان علي صندوق , وضع فوق سطح أفقي أملس لينزلق مسافة 2.5 M , F_1 قوة منتظمة مقدارها 10 N و تصنع زاوية مقدارها 30^0 , و F_2 مقدارها 7 N و تصنع زاوية 150^0 أحسب الشغل الناتج و حدد نوعه .

$$W = F\ d \cos\theta$$

$$W = (10)\ (2.5) \cos(30) = +\ 21.65\ J$$

الشغل مساعد – منجز – منتج

$$W = F\ d \cos\theta$$

$$W = (7)\ (2.5) \cos(150) = -\ 15\ J$$

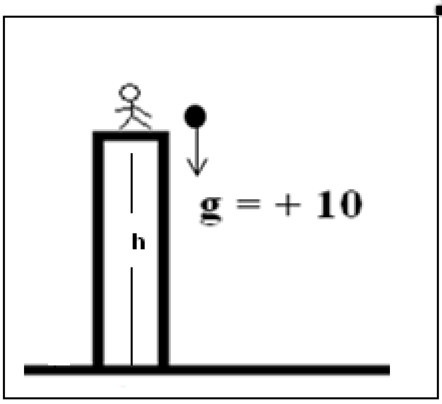
الشغل معيق - مقاوم

مثال $\frac{2}{20}$ الهامش : يدفع شخص عربة بقوة 45 N تصنع زاوية 40^0 مع المحور الأفقي أحسب الشغل الناتج عن القوة اذا دفعت العربة مسافة 15 M .

$$W = F\ d \cos\theta$$

$$W = (45)\ (15) \cos(40) = +\ 517\ J$$

الشغل المبذول من وزن الجسم عندما يتحرك الجسم فى مجال الجاذبية الارضية : (فى مسار رأسى)



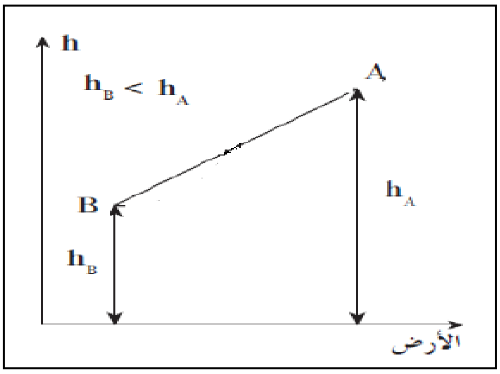
$$W = F\,d$$

$$F = mg \quad ,,, \quad d = h$$

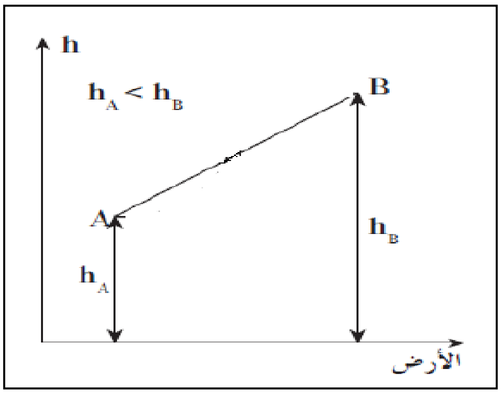
$$W = mgh$$

W	الشغل	=====>	J
m	الكتلة	=====>	kg
h	الأرتفاع	=====>	m
g	عجلة الجاذبية الارضية	=====>	$10\ m/s^2$

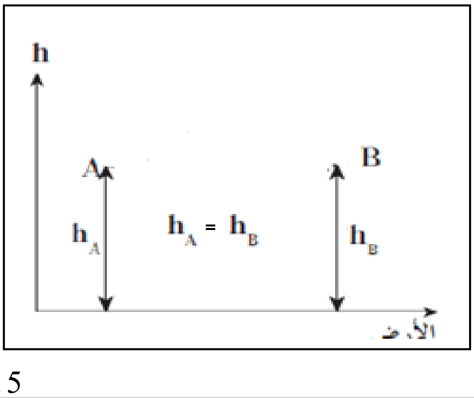
ملاحظات :



1- عندما يتحرك الجسم الي نقطة ادني من موضعة الابتدائي $h_B < h_A$. يكون الشغل الناتج عن الوزن موجب



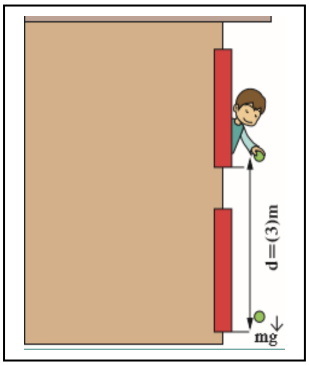
2- عندما يتحرك الجسم الي نقطة اعلي من موضعة الابتدائي $h_B > h_A$. يكون الشغل الناتج عن الوزن سالب



3- اذا تحرك الجسم بين نقتطين علي المستوي الرأسي نفسه , فأن الشغل المبذول من الوزن يساوي صفر .

مثال $\frac{1}{17}$: يحمل الولد في الشكل كرة كتلتها 1.5 Kg خارج نافذة غرفته التي ترتفع عن الأرض 6 m

أ- ما هو مقدار الشغل المبذول علي الكرة نتيجة أمساك الولد لها



$m = 1.5\ kg$

<u>عند امساك الولد للكرة</u>

$w = zero$

لان الازاحة تساوي صفر

ب- أفلت الولد الكرة لتسقط , ما هو مقدار الشغل الناتج عن قوة الجاذبية الأرضية اذا تحركت مسافة 3 m .

$w = m\ g\ h$

$w = (1.5)\ (10)\ (3) = 45\ J$

ج – ما هو مقدار الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك مع الهواء خلال سقوط الكرة 3 m علما ان مقدار قوة الاحتكاك 1 N .

$F = 1\ N$,,, $d = h = 3\ m$

$w = -\ F\ d$

$w = -\ (1)\ (3) = -\ 3\ J$

د – أحسب الشغل الكلي المبذول علي الكرة نتيجة القوى المؤثرة فيها .

$W_t = W_1 + W_2$

$W_t = 45 + (-3) = 42\ J$

حالات ينعدم عندها مقدار قيمة الشغل :

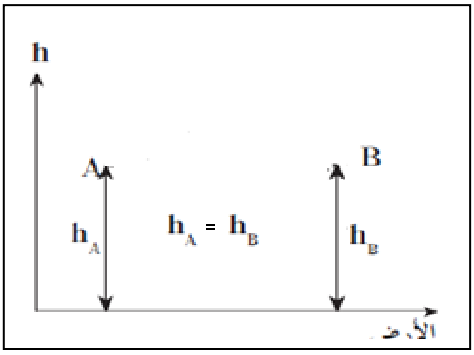
1- اذا تحرك الجسم بسرعة منتظمة فان العجلة التي يتحرك بها تساوي صفر وبالتالي تصبح القوة المؤثرة علي الجسم مقدارها يساوي صفر (قوة متزنة) وبالتالي ينعدم قيمة الشغل .

2- اذا كانت الازاحة تساوي صفر , اذا اثرت القوة علي الجسم ولم تسبب له ازاحة .
مثلا عند دفع عامل لصندوق ضخم ولم يستع تحريكه
او عند حمل طالب لحقيبة مدرسية ثقيلة ولم يتحرك بها .

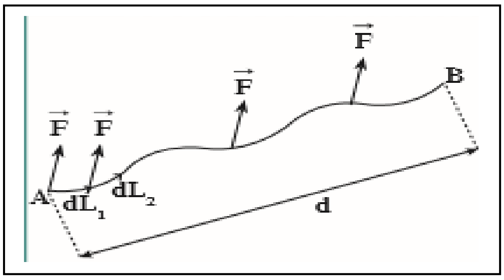
3- اذا تحرك الجسم علي مسار مغلق فأن ازاحة الجسم تساوي صفر وبالتالي يصبح الشغل مساوي صفر .

4- اذا كانت الزاوية بين القوة والازاحة تساوي 90^0 يصبح الشغل مساوي صفر
مثلا الشغل المبذول من وزن سيارة عندما تتحرك علي مسار أفقي .
مثلا عند حمل الطالب لحقيبة ثقيلة والتحرك بها علي مسار أفقي فأن الشغل المبذول من وزن السيارة يساوي صفر.

5- اذا تحرك الجسم بين نقتطين علي المستوي الرأسي نفسه , فأن الشغل المبذول من الوزن يساوي صفر .

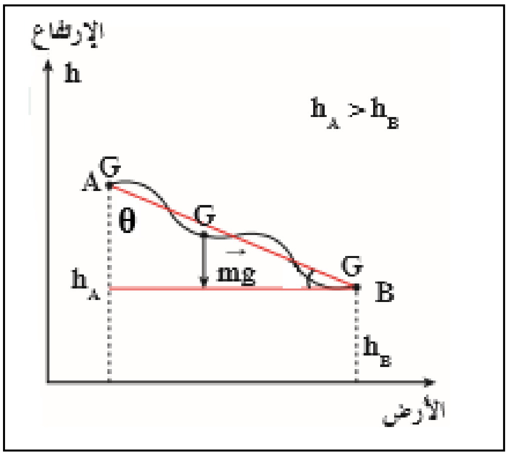


الشغل الناتج عن قوة منتظمة علي مسار منحني .



عندما يتحرك جسم بتأثير قوة منتظمة من النقطة A الي النقطة B علي مسار منحني كما بالشكل , فان الشغل في هذة الحالة لا يتوقف علي المسار الذي سلكه الجسم .

- عندما يتحرك جسم من النقطة A الموجودة علي ارتفاع h_A الي النقطة B الموجودة علي ارتفاع h_B , يمكن استنتاج قانون حساب الشغل الناتج عن وزن الجسم كما يلي :



$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = \vec{W} \cdot \vec{d} = mg \cdot d \cos \theta$$

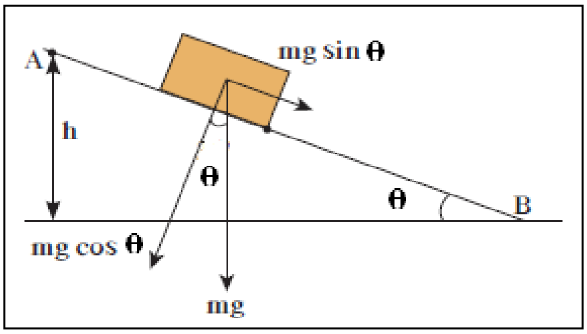
$$d \cos\theta = h_A - h_B$$

$$W = m g (h_A - h_B)$$

$$W = m g h$$

W	الشغل	=====>	J	جول
m	الكتله	=====>	kg	كيلو جرام
g	عجلة الجاذبية	=====>	$10 \ m/s^2$	
h	الارتفاع	=====>	m	متر

الشغل المبذول من وزن جسم عندما يتحرك علي مستوى املس يميل علي المستوى الافقي بزاوية .



القوة الوحيدة المؤثرة علي الجسم = $mg \sin \theta$

$$W = mg$$
$$F = mg \sin\theta$$

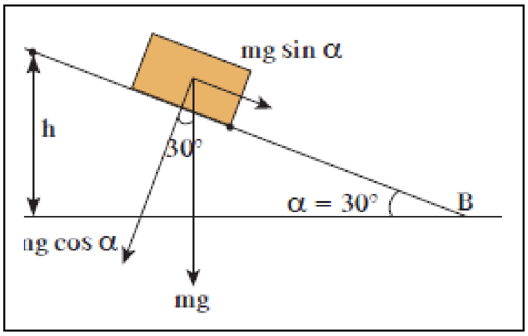
$$W = F\, d$$
$$W = mg\, d \sin\theta$$

$$h = d \sin\theta$$

$$W = mgh$$

W	الشغل	=====>	J
m	الكتلة	=====>	kg
h	ارتفاع المستوي	=====>	m
g	عجلة الجاذبية الارضية	=====>	$10\ m/s^2$
d	طول المستوي	=====>	m
θ	زاوية ميل المستوي	=====>	درجة

مثال $\frac{2}{19}$: وضع صندوق كتلته 100 g علي مستوي أملس يميل بزاوية 30^0 أحسب الشغل الناتج عن وزن الصندوق اذا تحرك علي المستوي المائل مسافة AB = 50 cm

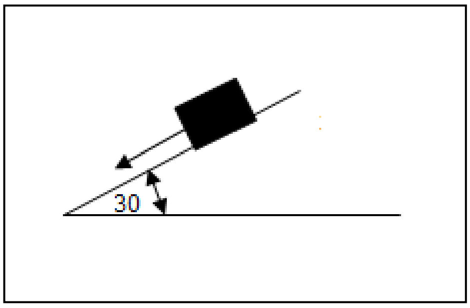


$m = 100\ g$
$\theta = 30^0$
$W = ?$
$d = 50\ cm$
$g = 10\ m/s^2$

$$h = d \sin\theta$$
$$h = \left(\frac{50}{100}\right)(\sin 30) = 0.25\ m$$
$$w = m\, g\, h$$
$$W = \left(\frac{100}{1000}\right)(10)(0.25) = 0.25\ J$$

مثال : صندوق خشبي كتلته Kg (8) يتحرك على مستوي أملس يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (30^0) أحسب :

1- القوة التي تحرك الجسم



$$F = mg\sin\theta$$
$$F = (8)(10)\sin(30)$$
$$F = 40\ N$$

2- الشغل الناتج عن وزن الصندوق عندما يتحرك مسافة 3 m على المستوي المائل

$$w = m\,g\,h$$
$$w = (8)(10)(1.5)$$
$$w = 120\ J$$

$$h = d\sin\theta$$
$$h = (3)\sin 30$$
$$h = 1.5\ m$$

الـقــوة

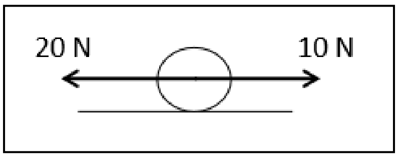
قوة منتظمة	قوة متغيرة
ثابتة المقدار والاتجاه	متغيرة المقدار او الاتجاه او كليهما
مثال : قوة الجاذبية الارضية	مثال : قوة الشد في الزنبرك

<u>محصلة الشغل لمجموعة من القوى المنتظمة :</u>

يتطلب ذلك ايجاد محصلة القوي المؤثرة علي الجسم ليكون الشغل مساويا لحاصل الضرب العددي لمحصلة القوي و الازاحة , أي :

$$W = F_{NET} \cdot d$$

مثال : تحرك الجسم الموضح بالشكل ازاحة مقدارها 2 m شرقا , أحسب الشغل .

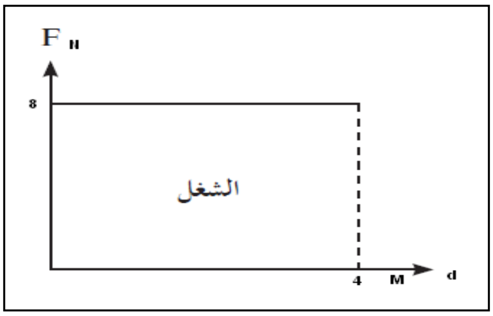


$$W = F_{NET} \cdot d$$
$$W = (10)(2) = 20\ J$$

حساب الشغل بيانيا :

يمكن حساب الشغل بيانا عن طريق حساب **المساحة** تحت منحني القوة و الازاحة .

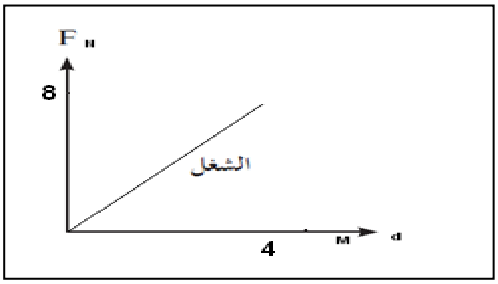
-1



المساحة = الطول x العرض

$$W = 4 \times 8 = 32\ J$$

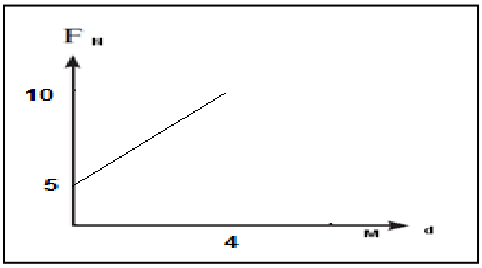
-2



المساحة = $\frac{1}{2}$ القاعدة X الارتفاع

$$W = \frac{1}{2}(4)(8) = 16\ J$$

-3



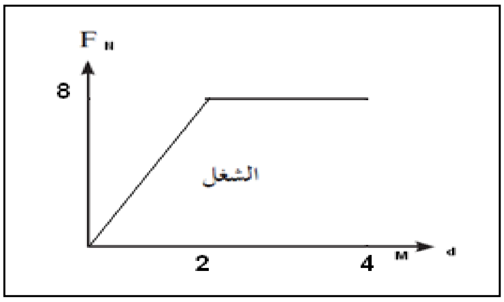
$$W_1 = 5 \times 4 = 20\ J$$

$$W_2 = \frac{1}{2}(4)(5) = 10\ J$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 20 + 10 = 30\ J$$

-4



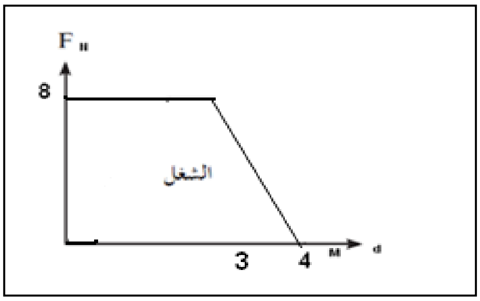
$$W_1 = 8 \times 2 = 16\ J$$

$$W_2 = \frac{1}{2}(2)(8) = 8\ J$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 16 + 8 = 24\ J$$

– 5



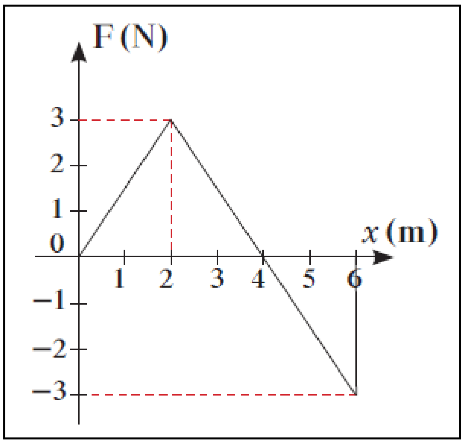
$$W_1 = 8 \times 3 = 24\ J$$

$$W_2 = \frac{1}{2}(1)(8) = 4\ J$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 24 + 4 = 28\ J$$

مثال $\frac{6}{22}$: أحسب مقدار الشغل الناتج عن القوة المتغيرة , حين تتغير وفقا للرسم البياني التالي :



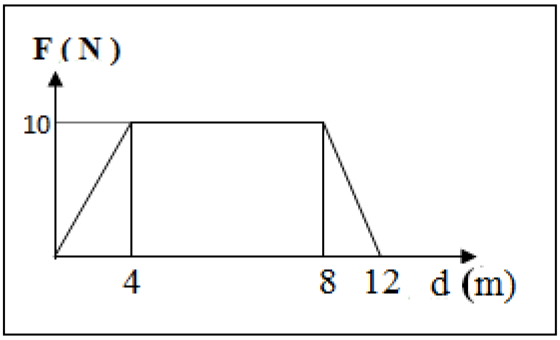
$$W_1 = \frac{1}{2}(4)(3) = 6\ J$$

$$W_2 = \frac{1}{2}(2)(-3) = -3\ J$$

$$W_t = W_1 + W_2$$

$$W_t = 6 + (-3) = 3\ J$$

مثال : جهاز يؤثر في جسم بقوة أفقية ، يتغير مقدارها مع الإزاحة المقطوعة كما في الشكل المجاور والمطلوب :احسب الشغل الذي تنجزه القوة إذا تحرك الجسم أفقيا من $d = 0$ M إلى $d = 12$ M



$$W_1 = \frac{1}{2}(4)(10) = 20\ J$$

$$W_2 = 4 \text{ X } 10 = 40\ J$$

$$W_3 = \frac{1}{2}(4)(10) = 20\ J$$

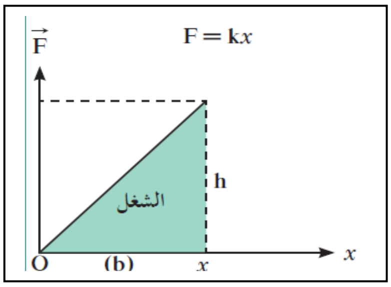
$$W_t = W_1 + W_2 + W_3$$

$$W_t = 20 + 40 + 20 = 80\ J$$

الشغل الناتج عن قوة متغيرة :

قانون هوك :

تتناسب قوة الشد المؤثرة في نابض طرديا مع مقدار الاستطالة الحادثة .



$$F \propto x$$
$$F = Kx$$

F	قوة الشد في نابض	=====>	N
K	ثابت النابض	=====>	N/M
x	الأستطالة	=====>	m

حساب الشغل الناتج عن قوة الشد في نابض :

$W =$ المساحة تحت المنحني $= \frac{1}{2}$ القاعدة x الارتفاع

$$W = \frac{1}{2} F\, x$$

$$F = Kx$$

$$W = \frac{1}{2} K\, x^2$$

W	الشغل	=====>	J
K	ثابت النابض	=====>	N/M
x	الأستطالة	=====>	M

مثال $\frac{3}{22}$: زنبرك مثبت من أحد طرفيه ,ثابت مرونته يساوي 40 N/m ما هو مقدار الشغل الذي يجب بذله لجعله يستطيل 2 cm عن طوله الأصلي .

k = 40 N/m
w = ?
x = 2 cm

$$W = \frac{1}{2} K\, x^2$$
$$W = \frac{1}{2} (40) \left(\frac{2}{100}\right)^2$$
$$w = 8 \times 10^{-3}\ J$$

مثال $\frac{4}{22}$: اذا كان مقدار الشغل الازم لجعل زنبرك يستطيل 8 cm عن طوله الأصلي 400 J أحسب مقدار ثابت مرونة الزنبرك

x = 8 cm
w = 400 J
K = ?

$$W = \frac{1}{2} K\, x^2$$
$$400 = \frac{1}{2} K \left(\frac{8}{100}\right)^2$$
$$K = 1.25 \times 10^5\ N/M$$

مثال $\frac{5}{22}$: زنبرك ضغط 2CM عن طوله الأصلي في مرحلة أولي , و ضغط 6 CM في مرحلة ثانية ماهو مقدار الشغل المبذول في عملية الضغط الثانية علما أن ثابت المرونة 100 N/m .

$x_1 = 2$ cm
$x_2 = 6$ cm
w = ?
K = 100 N/m

في المرحلة الثانية أصبح انضغاط النابض = 8 cm

$$\Delta W = W_2 - W_1 = \frac{1}{2} K (x_2^2 - x_1^2)$$

$$\Delta W = \frac{1}{2} (100) (0.08^2 - 0.02^2) = 0.3 \text{ J}$$

مثال : نابض مرن موضوع علي سطح أفقي أملس مثبت من أحد طرفيه في دعامة رأسية والطرف الأخر يرتبط به جسم أملس كتلته g (200) ، فاذا أثرت قوة مقدارها N (3) علي النابض فاستطال بمقدار (5)Cm أحسب كل من : -

1 – ثابت النابض (k) .

F = 3 N
x = 5 cm

$$F = Kx$$

$$k = \frac{F}{X} = \frac{3}{0.05} = 60 \text{ N/M}$$

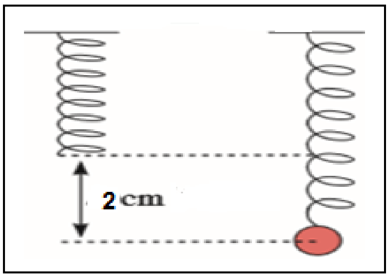
2- مقدار الشغل .

W = ?

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

$$W = \frac{1}{2} (60) (0.05)^2 = 0.075 \text{ J}$$

مثال $\frac{3}{21}$: زنبرك مثبت من أحد طرفيه ثابت مرونته 400 N/m ما هو مقدار الشغل الازم بذله علي الطرف الاخر لجعله يستطيل بمقدار 2 cm عن طوله الاصلي



m = 0.15 kg
w = ?
x = 4.6 cm

F = الوزن = mg
F = (0.15) (10) = 1.5 Kg

$$F = K x \implies k = \frac{F}{X} = \frac{1.5}{0.046}$$

K = 32.6 N/M

$$W = \frac{1}{2} K x^2$$

$$W = \frac{1}{2} (32.6) (0.046)^2 = 0.034 \text{ J}$$

الدرس 1 - 2 : الـشــغــل و الطاقة

الطاقة

المقدرة علي انجاز شغل.

الطاقة الحركية : K.E

شغل ينجزه الجسم بسبب حركته .

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

K.E	طاقة الحركة	=====>	J	جول
m	الكتلة	=====>	kg	كيلوجرام
V	السرعة الخطية	=====>	m/S	متر/ثانية

س : اذكر العوامل التى يتوقف عليها الطاقة الحركية ؟

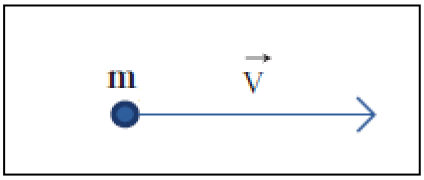
1- الكتلة   2- السرعة الخطية .

س : ما المقصود ان الطاقة الحركية لجسم = 100 J .

اي ان الجسم يبذل شغل مقداره 100 J بسبب حركته .

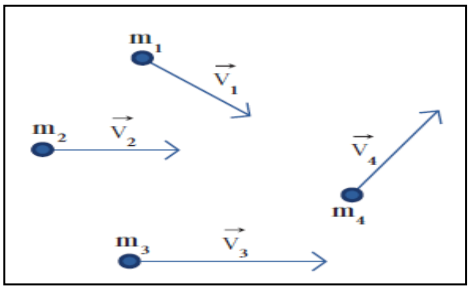
حالات حساب الطاقة الحركية :

1- الطاقة الحركية لكتلة نقطية :



$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

2- الطاقة الحركية لنظام مكون من عدة كتل نقطية :



$$KE = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 + \; \dots$$

3- الطاقة الحركية لجسم صلب :

$$K.E = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2$$

$$K.E = \frac{1}{2} M V^2$$

العلاقة بين الشغل و الطاقة الحركية

استنتج العلاقة بين الشغل و الطاقة الحركية (قانون الطاقة الحركية)

W = F d

F = m a

W = mad

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad$$

بضرب المعادلة في $\frac{1}{2}\, m$

$$\frac{1}{2}\, mv_2^2 = \frac{1}{2}\, mv_1^2 + mad$$

$$\frac{1}{2}\, mv_2^2 - \frac{1}{2}\, mv_1^2 = mad$$

$$K.E_2 - K.E_1 = W$$

$$\Delta K.E = W$$

ΔK.E	التغير في طاقة الحركة	=====>	J
W	الشغل	=====>	J

مثال- سيارة كتلتها kg (2000) تسير بسرعة (5)m/s زاد سائقها من سرعتها لتصبح 20 m/s بعجلة مقدارها $10\ m/s^2$. أحسب

أ - طاقة الحركة الأبتدائية للسيارة.

$$K.E_1 = \frac{1}{2}\, m\, V_1^2 = \frac{1}{2}\, (2000)\, (5)^2 = 25000\ J$$

ب – طاقة الحركة النهائية للسيارة .

$$K.E_2 = \frac{1}{2}\, m\, V_2^2 = \frac{1}{2}\, (2000)\, (20)^2 = 200000\ J$$

ج – التغير في طاقة الحركة للسيارة (قيم أجابتك)(الشغل المبذول في تحريك السيارة) .

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = W$$

$$\Delta K.E = W = 200000 - 25000 = +175000\ J$$

هـ - المسافة التي قطعتها السيارة .

W = m a d

175000 = (2000) (10) d ====> d = 8.75 m

مثال- سيارة كتلتها kg (2000) تسير بسرعة (5)m/s ضغط سائقها علي الفرامل فتوقف بعد مرور زمن قدره 10 S . أحسب

أ - طاقة حركة السيارة قبل الضغط علي الفرامل .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (2000) (5)^2 = 25000 J$$

ب – طاقة الحركة عندما تتوقف السيارة عن الحركة .

$K.E_2$ = zero

ج – التغير في طاقة الحركة للسيارة (قيم أجابتك)

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = zero - 25000 = - 25000 J$$

د – اين تذهب الطاقة المفقودة .

تتحول الي طاقة حرارية في اطارات السيارة نتيجة الاحتكاك مع الارض

هـ – الشغل المبذول أثناء عملية توقيف السيارة (قيم أجابتك)

الاشارة السالب تدل علي الاحتكاك

$$\Delta K.E = W = - 25000 J$$

و – قوة الاحتكاك مع اطارات السيارة اذا تحركت السيارة مسافة 20 M قبل أن تتوقف تماما

W = - F d

-25000 = - F (20) ========> F = 1250 N

مثال- سيارة كتلتها 1200 Kg تتحرك بسرعة 30 m/s ضغط سائقها علي الفرامل فأنزلقت السيارة ثم توقفت السيارة تماما بسبب الاحتكاك بين الاطارات و الأرض . اذا علمت ان قوة الاحتكاك تساوي 6000 N أحسب:

أ- التغير في طاقة حركة السيارة خلال عملية التوقيف .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$K.E_1 = \frac{1}{2} (1200) (30)^2 = 540000 J$$

$K.E_2$ = zero

$$\Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$\Delta K.E = zero - 540000$$

$$\Delta K.E = - 540000 J$$

ب- الشغل المبذول في عملية الايقاف .

$$\Delta K.E = W = - 540000 J$$

ج- المسافة التي انزلقتها السيارة قبل ان تتوقف .

W = - F d

-540000 = - 6000 d

d = 90 m

د- الشغل المبذول من وزن السيارة أثناء عملية التوقيف .

w = zero

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من السكون من مبني فوصلت سطح الأرض بسرعة 10M/S أحسب :
أ- طاقة الحركة للكرة عند سطح الأرض .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (0.3) (10)^2 = 15 \text{ J}$$

ب- الشغل المبذول من وزن الجسم أثناء سقوط الجسم .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 15 - \text{zero} = 15 \text{ J}$$

ج- ارتفاع المبني .

$w = m g h$
$15 = (0.3) (10) h$
$h = 5$ m

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من مبني مرتفع بسرعة ابتدائية مقدارها 5 m/s و اصطدمت بسطح الأرض بسرعة مقدارها 35 m/s أحسب :
ا – طاقة الحركة الأبتدائية للكرة .

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 = \frac{1}{2} (0.3) (5)^2 = 3.75 \text{ J}$$

ب – طاقة الحركة للكرة لحظة اصطدامها بألارض

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2 = \frac{1}{2} (0.3) (35)^2 = 183.75 \text{ J}$$

ج- الشغل المبذول أثناء سقوط الكرة .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 183.75 - 3.75 = 180 \text{ J}$$

د- الارتفاع الذي سقطت منه الكرة .

$W = m g h$
$180 = (0.3) (10) h$ =======> $h = 60$ m

مثال- كرة كتلتها 300 g سقطت من السكون من مبني ارتفاعه 10 M أحسب :
1- طاقة الحركة للجسم عند سطح الأرض .

$K.E_1$ = zero
$W = \Delta K.E = K.E_2 = 30$ J

$W = m g h = (0.3) (10) (10) = 30$ J
$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$

ب- سرعة الجسم عند سطح الأرض .

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$

$$30 = \frac{1}{2} (0.3) V_2^2$$

$V_2 = 14.14$ m/s

مثال- بأستخدام قانون الطاقة الحركية أحسب سرعة كرة سقطت من سكون من ارتفاع 30 cm . لحظة اصطدامها بالأرض .

$$W = \Delta K.E$$
$$W = K.E_2 - K.E_1$$
$$K.E_1 = zero$$
$$W = K.E_2$$
$$m\,g\,h = \frac{1}{2}\,m\,V_2^2$$

$$g\,h = \frac{1}{2}\,V_2^2$$
$$(10)\left(\frac{30}{100}\right) = \frac{1}{2}\,V_2^2$$
$$V_2 = 2.44\ m/s$$

مثال- قذف جسم كتلتة 300 g بسرعة ابتدائية 5 m/s ووصل الي أقصي ارتفاع له بأهمال قوة الاحتكاك مع الهواء احسب .

أ- الطاقة الحركية عند نقطة القذف

$$K.E_1 = \frac{1}{2}\,m\,V_1^2 = \frac{1}{2}\,(0.3)\,(5)^2 = 3.75\ J$$

ب- الطاقة الحركية عند أقصي ارتفاع .

$$K.E_2 = zero$$

ج – الشغل الناتج عن قذف الجسم (قيم أجابتك)

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1 = 0 - 3.75 = -\ 3.75\ J$$

لان قوة الوزن عكس اتجاه ازاحة الجسم لأعلي .

د – اقصي ارتفاع يصل اليه الجسم .

$$W = m\,g\,h$$
$$-3.75 = (0.3)\,(-10)\,h \qquad ====> h = 1.25\ M$$

مثال : أثرت قوة مقدارها 100 N علي جسم ساكن كتلتة 20 Kg و ازاحته 15 M , اذا كانت القوة تصنع مع اتجاه ازاحة الجسم زاوية مقدارها 60^0 , أحسب

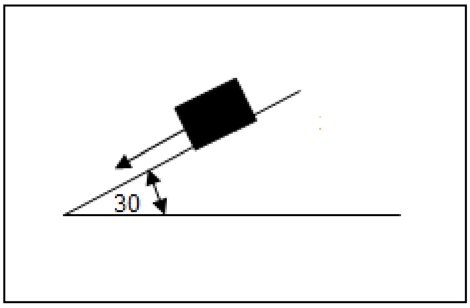
1- مقدار الشغل المبذول في تحريك الجسم

$$W = F\,d\cos\theta = (100)\,(15)\cos(60) = 750\ J$$

2- السرعة النهائية للجسم

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$
$$750 = K.E_2 - 0 \quad === > K.E_2 = 750\ J$$
$$K.E_2 = \frac{1}{2}\,m\,V_2^2$$
$$750 = \frac{1}{2}\,(20)\,V_2^2 \qquad =====> \quad V_2 = 86.6\ m/s$$

مثال- صندوق خشبي كتلته Kg (10) أنزلق من سكون على مستوي أملس طولة 5 M يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (30^0) أحسب :



أ- القوة التي تحرك الجسم

$$F = m\,g\,\sin\theta$$

$$F = (10)\,(10)\,\sin 30 = 50\ N$$

ب- الشغل الناتج عن وزن الصندوق عندما ينزلق على المستوي المائل

$$h = d\sin\theta = (5)\sin 30 = 2.5\ M$$

$$W = mgh = (10)\,(10)\,(2.5) = 250\ J$$

ج- طاقة حركة الصندوق لحظة وصوله الي أسفل المستوي المائل.

$$W = \Delta\, K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$K.E_1 = zero$$

$$W = K.E_2 = 250\ J$$

د- سرعة الصندوق لحظة وصوله الي أسفل المستوي المائل .

$$K.E_2 = \frac{1}{2}\, m\, V_2^2$$

$$250 = \frac{1}{2}\,(10)\,V_2^2$$

$$V_2 = 7.07\ m/s$$

مثال $\frac{1}{27}$ الهامش : انزلق جسم من سكون من أعلي مستوي مائل زاوية ميله 30^0 ليصل الي نهاية المستوي , اذا كان طول المستوي 2 m , أحسب سرعة الجسم أسفل المستوي .

$V_1 = zero$
$d = 2\ M$
$\theta = 30^0$

$K.E_1 = zero$

$$h = d\sin\theta = (2)\sin 30 = 1\ M$$

$$W = \Delta\, K.E = K.E_2 - K.E_1$$

$$W = K.E_2$$

$$m\,g\,h = \frac{1}{2}\, m\, V_2^2$$

$$g\,h = \frac{1}{2}\, V_2^2$$

$$(10)\,(1) = \frac{1}{2}\, V_2^2$$

$$V_2 = 4.47\ m/s$$

مثال : لاعب تزلج علي الجليد كتلتة 60 Kg يقف علي قمة تل زاوية ميله 30^0 تحرك اللاعب من السكون , علما بان طول التل 100 m . أحسب:
أ- الشغل المبذول اثناء تحرك اللاعب .

$$h = d \sin\theta = (100) \sin 30 = 50 \text{ m}$$
$$w = m\, g\, h = (60)(10)(50) = 30000 \text{ J}$$

ب- طاقة حركة اللاعب أسفل التل .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$
$$K.E_1 = \text{zero}$$
$$W = K.E_2 = 30000 \text{ J}$$

ج- سرعة وصول اللاعب أسفل التل

$$K.E_2 = \frac{1}{2} m V_2^2$$
$$30000 = \frac{1}{2}(60) V_2^2$$
$$V_2 = 31.6 \text{ m/s}$$

مثال - انزلق جسم من سكون من أعلي مستوي مائل يميل بزاوية 30^0 مع المستوي الأفقي . ليصل الي اسفل المستوي اذا علمت ان ارتفاع المستوي 3 M أحسب :
أ- طول المستوي المائل .

$$h = d \sin\theta$$
$$3 = d \sin 30$$
$$d = 6 \text{ M}$$

ب- سرعة الجسم أسفل المستوي المائل .

$$W = \Delta K.E = K.E_2 - K.E_1$$
$$K.E_1 = \text{zero}$$
$$W = K.E_2$$
$$m\, g\, h = \frac{1}{2} m V_2^2$$
$$g\, h = \frac{1}{2} V_2^2$$
$$(10)(3) = \frac{1}{2} V_2^2$$
$$V_2 = 7.74 \text{ m/s}$$

الطاقة الكامنة :

طاقة يختزنها الجسم وتسمح له بانجاز شغل للتخلص منها .

- توجد الطاقة الكامنة في الفحم الحجري و الغذاء و البطاريات الكهربية .

الطاقة الكامنة التثاقلية : (طاقة الوضع التثاقلية)

الشغل المبذول علي الجسم لرفعه الي نقطة ما .

$$P.E = m\,g\,h$$

J	======>	الطاقة الكامنة التثاقلية	P.E
Kg	======>	الكتلة	m
$10\ m/s^2$	======>	عجلة الجاذبية الارضية	g
M	======>	الارتفاع	h

المستوي المرجعي :

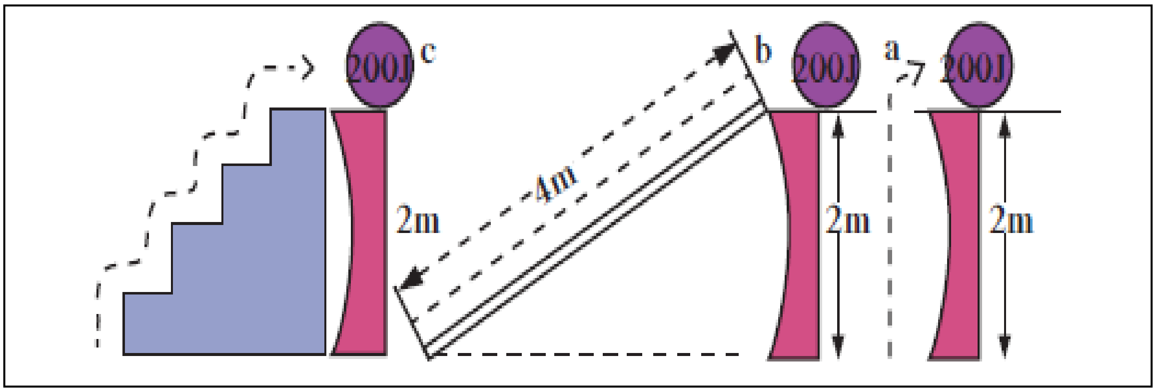
المستوي الذي نبدأ من عنده قياس الطاقة الكامنة .
المستوي الذي تكون عنده طاقة الوضع التثاقلية تساوي صفر .

ملاحظات :

1- اختيار المستوي المرجعي هو اختياري بحت . من الممكن اخيار ارضية مختبر في الدور الثاني مستوي مرجعي

2- أشهر الامثلة علي الطاقة الكامنة التثاقلية مياه الشلالات , لذلك فهي تبذل شغل يمكنها من الهبوط.

3- الطاقة الكامنة التثاقلية لا ترتبط بكيفية الوصول الي الارتفاع ولكن بالمسافة الرأسية بين النقطة والمستوي المرجعي .

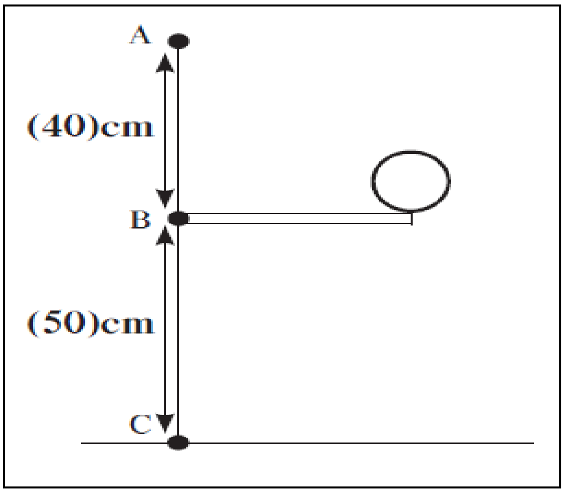


مثال $\frac{2}{30}$: كرة كتلتها 0.1 Kg , موضوعة علي المستوي الأفقي المار بالنقطة B , أحسب الطاقة الكامنة التثاقلية للكرة بالنسبة للمستوي المرجعي B في الحالات التالية :

1- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة B

2- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة A الذي يرتفع 40 cm عن المستوي المرجعي

3- عند المستوي الأفقي المار بالنقطة C الذي ينخفض 40 cm عن المستوي المرجعي



$P.E_B = Zero$

$P.E_A = m\ g\ h_A$

$P.E_A = (0.1)\ (10)\ (0.4) = +\ 0.4\ J$

$P.E_C = m\ g\ h_C$

$P.E_C = -\ (0.1)\ (10)\ (0.5) = -\ 0.5\ J$

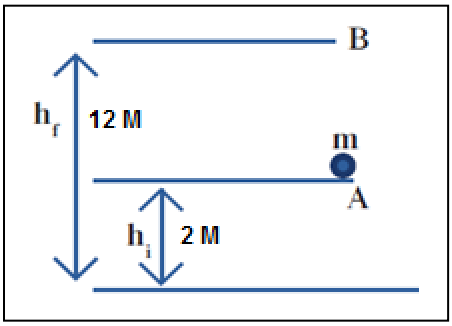
العلاقة بين الشغل و الطاقة الكامنة التثاقلية .

الشغل هو منقوص التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية

$$W = -\ \Delta\ P.E$$

Δ P.E	التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية	=====>	J
W	الشغل	=====>	N/M

مثال $\frac{3}{31}$: كتلة مقدارها 5kg تم رفعها رأسيا من النقطة A الي النقطة B , أحسب :



1- الشغل المبذول من وزن الجسم خلال الأزاحة من A الي B

2- التغير في طاقة الوضع التثاقلية خلال الأزاحة من A الي B

m = 5 kg
$P.E_A$ = ?
$P.E_B$ = ?
Δ P.E = ?
W = ?

$P.E_A = m\ g\ h_A$

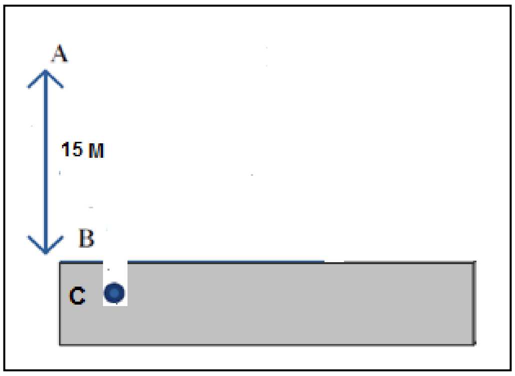
$P.E_A = (5)\ (10)\ (2)$

$P.E_A = 100\ J$

$P.E_B = m\ g\ h_B = (5)\ (10)\ (12) = +\ 600\ J$

$\Delta\ P.E = 600 - 100 = +\ 500\ J$

$W = -\ \Delta\ P.E = -\ 500\ J$



مثال : كرة كتلتها 200 gm سقطة من النقطة A علي ارتفاع 15 M عن سطح أرض رخوة فغاصت بها مسافة 10 cm الي أن توقفت عن الحركة عند النقطة C , اذا اعتبرنا سطح الأرض الرخوة عند النقطة B هو المستوي المرجعي أحسب :

1- طاقة الحركة و طاقة الوضع التثاقلية للكرة عند النقطة A .

$K.E_A$ = ZERO

$P.E_A = m\ g\ h_A = (0.2)\ (10)\ (15) = +\ 30\ J$

2- طاقة الحركة و طاقة الوضع التثاقلية للكرة عند النقطة B .

$P.E_B$ = ZERO

$W = \Delta\ K.E = K.E_B - K.E_A$

$W = K.E_B$

$m\ g\ h = K.E_B$

$K.E_B = (0.2)\ (10)\ (15) = 30\ J$

3- سرعة الكرة عند النقطة B .

$K.E_B = \frac{1}{2}\ m\ V_B^2$

$30 = \frac{1}{2}\ (0.2)\ V_B^2$ =====> $V_B = 17.32\ m/s$

4- طاقة الحركة و طاقة الوضع التثاقلية للكرة عند النقطة C .

$K.E_C$ = ZERO

$P.E_C = m\ g\ h_C = (0.2)\ (10)\ (\frac{10}{100}) = 0.2\ J$

5- الشغل المبذول من وزن الكرة عندما تسقط من النقطة B الي النقطة C .

$W = \Delta\ K.E = K.E_C - K.E_B$

W = zero – 30 = - 30 J

6- قوة الاحتكاك المعيقة لحركة الكرة اثناء غوصها في الأرض الرخوة .

$W = -\ f\ d$

$-30 = -\ f\ (\frac{10}{100})$

f = 300 N

الطاقة الميكانيكية : **M.E**

الطاقة الازمة لتغير موضع الجسم او تعديله .
مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم .

$$M.E = K.E + P.E$$

M.E	**الطاقة الميكانيكية**	=====>	**J**
K.E	**الطاقة الحركية**	=====>	**J**
P.E	**الطاقة الكامنة**	=====>	**J**

مثال- سيارة كتلتها kg (600) تسير بسرعة 20)m/s) فوق جبل يرتفع عن سطح الأرض 100)m)
احسب:-
أ - طاقة حركة السيارة .

$$K.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 = \frac{1}{2}\,(600)\,(20)^2 = 120000\ J$$

ب- طاقة وضع السيارة .

$$P.E = m\, g\, h = (600)\,(10)\,(100) = 600000\ J$$

ج- الطاقة الميكانيكة للسيارة .

$$M.E = K.E + P.E$$
$$M.E = 120000 + 600000 = 720000\ J$$

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الأول : الطاقة

الدرس 1 - 3 : حفظ (بقاء) الطاقة

الطاقةالميكانيكة الماكروسكوبية :

الجسم الماكروسكوبي :

الجسم الذي يملك ابعاد يمكن رؤيتها بالعين

الاجسام الميكروسكوبية :

الاجسام التي لا تري بالعين المجردة .

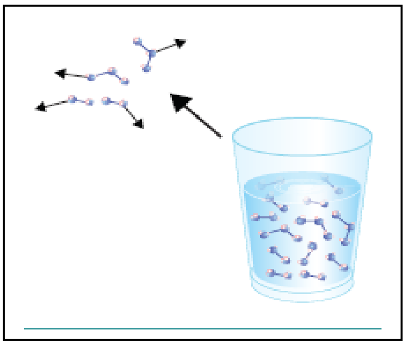
الطاقة الميكانيكية الماكروسكوبية :

مجموع الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة للجسم الماكروسكوبي .

- وهي لا تختلف عن الطاقة الميكانيكة التي درسناها من قبل لذلك سنطلق عليها الطاقة الميكانيكية .

$$M.E_{MACRO} = K.E_{MACRO} + P.E_{MACRO}$$

الطاقة الميكانيكية الميكروسكوبية : U



هي مجموع طاقة الوضع و طاقة الحركة لجسيمات النظام . حيث يختزن كوب الماء الموضح بالشكل طاقة داخلية لان جزيئاته تتحرك بسرعة وتزداد هذة السرعة بارتفاع درجة حرارة الجسم .

كذلك تتغير الروابط بين الجزيئات عندما تتغير حالة المادة كالانصهار او التجمد .

لذلك تسمي <u>الطاقة التى تتبادلها جسيمات النظام و تؤدي الى تغيير حالته بتغير طاقة الربط</u> بين اجزاءة <u>بالطاقة الميكروسكوبية</u> .

وبالتالي :

$$M.E_{micro} = K.E_{micro} + P.E_{micro} = U$$

- وسنطلق عليها لفظ الطاقة الداخلية لمنع الخلط بين ماكرو ومايكرو

حفظ (بقاء) الطاقة الكلية :

الطاقة الكلية E :

هي مجموع الطاقة الداخلية U والطاقة الميكانيكية ME .

$$E = M.E + U$$

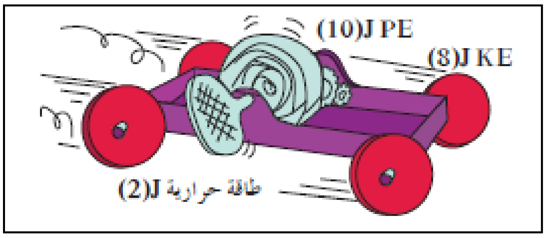
العالم هرمان هلمهولتز : الطبيعة تحتوي علي مصادر للطاقة لايمكن بأي طريقة ان تزيد او تنقص .

قانون بقاء الطاقة :

الطاقة لاتفني ولا تستحدث من عدم , ويمكن داخل أي نظام معزول أن تتحول من شكل الي اخر , فالطاقة الكلية للنظام ثابتة لا تتغير .

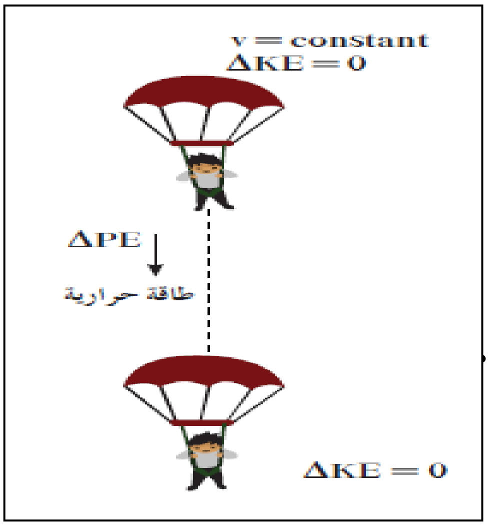
أمثلة على بقاء الطاقة :

1- في الشكل المقابل عند لف الزنبرك للعبة السيارة نجد أن جزء من الطاقة الكامنة المرنة يتحول الي طاقة حركية والجزء الباقي الي طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك .



وبالتالي فان الطاقة الكلية للنظام (السيارة و الأرض و الهواء المحيط) لم تتغير .

2- اذا اخذنا نظام معزول مؤلف من مظلي و الارض والهواء المحيط . المظلي الذي يهبط باستخدام المظلة يصل الي سرعة حدية ثابتة وبالتالي لا تتغير طاقة حركته بينما تتناقص طاقة الوضع التثاقلية وتتحول الي طاقة حرارية تسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء المحيط و المظلة .



حفظ الطاقة في نظام معزول :

الطاقة الميكانيكة محفوظة وبالتالي $\Delta E = ZERO$, وباهمال الاحتكاك دائما فأن الطاقة الداخلية للنظام لا تتغير $\Delta U = ZERO$ و وهذا يعني ان :

الطاقة الميكانيكة للنظام ثابتة لا تتغير بأهمال قوي الاحتكاك مع الهواء .

$$\Delta E = \Delta M.E + \Delta U$$

$$\Delta E = ZERO \quad ,,, \quad \Delta U = ZERO$$

$$\Delta M.E = ZERO$$

$$M.E_1 = M.E_2$$

$$K.E_1 + P.E_1 = K.E_2 + P.E_2$$

$$K.E_1 - K.E_2 = P.E_2 - P.E_1$$

$$-(K.E_2 - K.E_1) = P.E_2 - P.E_1$$

$$-\Delta K.E = \Delta P.E$$

<u>فى النظمة المعزولة عندما تكون الطاقة الميكانيكة محفوظة يكون التغير فى الطاقة الكامنة (طاقة الوضع) مساوي لمعكوس التغير فى الطاقة الحركية</u>

أي ان في الانظمة المعزولة تكون الطاقة الميكانيكية محفوظة (ثابتة) عند جميع النقاط ولا تتغير بتغير موضع الجسم .

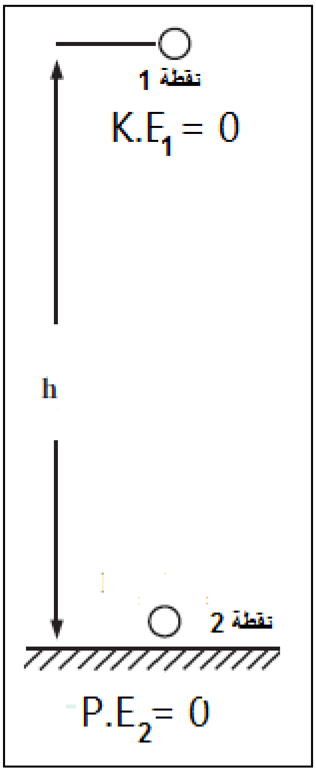
- ينطبق ذلك علي العديد من الحالات كما يلي :

حالة (1):

عندما يتحرك الجسم من النقطة 1 (أقصي ارتفاع) الي النقطة 2 (المستوي المرجعي):

$$M.E_1 = M.E_2$$

عند اقصى ارتفاع : (النقطة 1)



- الجسم يتحرك من السكون

$$V_1 = zero \quad ,,, \quad K.E_1 = ZERO$$

$$P.E_1 = mgh_1$$

وبالتالي

$$M.E_1 = P.E_1$$

عند سطح الارض (المستوي المرجعي) (النقطة 2)

$$h_2 = ZERO \quad ,,,,, \quad P.E_2 = zero$$

$$K.E_2 = = \frac{1}{2} m V_2^2$$

وبالتالي :

$$M.E_2 = K.E_2$$

ومن قانون حفظ الطاقة في الانظمة المعزولة نجد أن :

$$M.E_1 = M.E_2$$

أي أن :

$$P.E_1 = K.E_2$$

مثال - جسم كتلته kg (30) موجود على سطح مبنى ارتفاعها m (20) فإذا سقط سقوطاً حراً أحسب كل من:

أ – طاقة الوضع التثاقلية للجسم قبل سقوطها

$$P.E_1 = mgh_1$$

$$P.E_1 = (30)\,(10)\,(20) = 6000\ J$$

ب – الطاقة الكلية للجسم قبل سقوطه

$$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$$

$$K.E_1 = ZERO$$

$$M.E_1 = P.E_1 = 6000\ J$$

ج - طاقة حركة الجسم عندما يصل لسطح الأرض .

$$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$$

$$P.E_2 = zero$$

$$M.E_1 = M.E_2 = K.E_2 = 6000\ J$$

د – سرعة الجسم عند لحظة وصوله لسطح الأرض .

$$K.E_2 = = \frac{1}{2}\, m\, V_2^2$$

$$6000 = \frac{1}{2}\,(30)\, V^2$$

$$V = 20\ m/s$$

و – الشغل الذي يبذله الجسم نتيجة سقوطه

$$W = -\ \Delta P.E$$

$$W = -\ (\ P.E_2 - P.E_1\ )$$

$$W = -\ (\ zero - 6000)$$

$$W = +\ 6000\ J$$

$$W = \Delta K.E$$

$$W = K.E_2 - K.E_1$$

$$W = 6000 - zero$$

$$W = +\ 6000\ J$$

هـ الارتفاع الذي تصبح عنده سرعة الجسم تساوي 10 m/s

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 + mgh$$

$$6000 = \frac{1}{2}\,(30)\,(10)^2 + (30)\,(10)\, h$$

$$h = 15\ M$$

ز- سرعة الجسم عند ارتفاع 10 m من سطح الأرض .

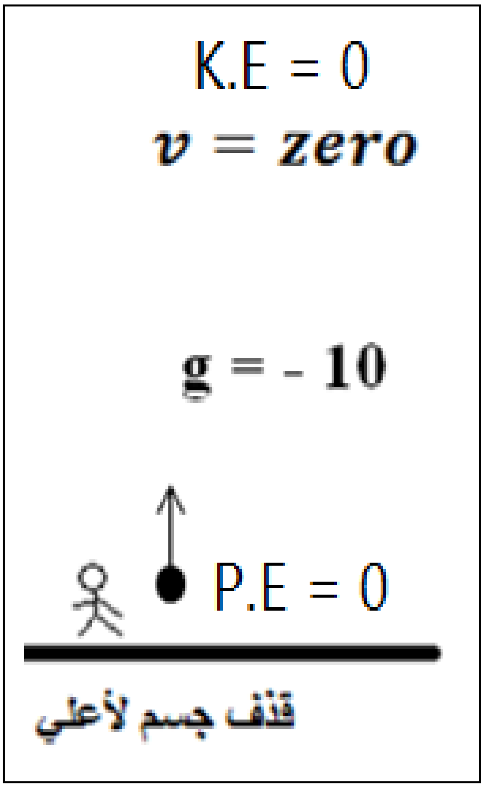
$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 + mgh$$

$$6000 = \frac{1}{2}\,(30)\, V^2 + (30)\,(10)\,(10)$$

$$V = 14.14\ M/S$$

حالة (2) عند قذف الجسم لأعلى :



عند نقطة القذف :

h_1 = ZERO ,,, $P.E_1$ = zero

$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$

وبالتالي :

$M.E_1 = K.E_1$

عند اقصي ارتفاع :

V_2 = ZERO ,,,,, $K.E_2$ = ZERO

$P.E_2 = mgh_2$

وبالتالي

$M.E_2 = P.E_2$

ملاحظة : عند حساب قيمة الشغل تكون عجلة الجاذبية الأرضية سالبة .

مثال $\frac{1}{42}$ الهامش : كتلة نقطية مقدارها 10 g أطلقت رأسيا لأعلي من النقطة O , بسرعة ابتدائية مقدارها 10 m/s , أهمل احتكاك الهواء , أحسب :

1- الطاقة الميكانيكية للكتلة عند النقطة O , علما ان النقطة O تمثل المستوي المرجعي .

2- الطاقة الميكانيكية عند أعلي نقطة تصل اليها الكرة 3- أقصي ارتفاع تصل اليه الكرة

m = 10 g

v_1 = 10 m/s

$M.E_1$ = ?

$M.E_2$ = ?

h = ?

$P.E_1$ = zero

$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$

$M.E_1 = K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$

$M.E_1 = K.E_1 = \frac{1}{2} (0.01) (10)^2 = 0.5$ J

$M.E_2 = M.E_1 = 0.5$ J

$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$

$K.E_2$ = ZERO

$M.E_2 = P.E_2 = 0.5$ J

$P.E_2 = mgh_2$

$0.5 = (0.01) (10) h_2$ ======> $h_2 = 5$ m

مثال ـ قذف حجر كتلتهKg (2) بسرعة m/s (16) رأسيا إلى أعلى أعتبر ان نقطة القذف هي المستوي المرجعي ثم احسب كل من:

أ ـ طاقة حركة الحجر لحظة قذفه

$$K.E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2$$

$$K.E_1 = \frac{1}{2} (2) (16)^2 = 256 \text{ J}$$

ب- الطاقة الميكانيكة للنظام.

$$M.E_1 = P.E_1 + K.E_1$$

$$P.E_1 = zero$$

$$M.E_1 = K.E_1 = 256 \text{ J}$$

ج- طاقة وضع الحجر عندما أقصى ارتفاع يصل إليه .

$$M.E_2 = M.E_1 = 256 \text{ J}$$

$$M.E_2 = P.E_2 + K.E_2$$

$$K.E_2 = ZERO$$

$$M.E_2 = P.E_2 = 256 \text{ J}$$

د- أقصى ارتفاع وصل إليه الحجر.

$$P.E_2 = mgh_2$$

$$256 = (2) (10) h_2$$

$$h_2 = 12.8 \text{ m}$$

هـ الشغل الذي بذلته قوة جذب الأرض .

$W = - \Delta P.E$	$W = \Delta K.E$
$W = - (P.E_2 - P.E_1)$	$W = K.E_2 - K.E_1$
$W = - (256 - zero)$	$W = zero - 256$
$W = - 256 \text{ J}$	$W = - 256 \text{ J}$

و- الارتفاع التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{256}{2} = 128 \text{ J}$$

$$P.E = mgh$$

$128 = (2) (10) h$ ======> $h = 6.4 \text{ m}$

هـ ـ السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

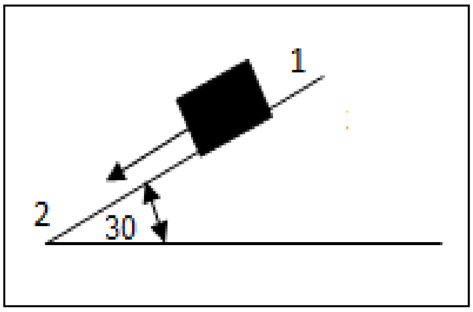
$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{256}{2} = 128 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$128 = \frac{1}{2} (2) V^2$ ======> $V = 11.3 \text{ m/s}$

مثال : صندوق خشبي كتلته Kg (10) أنزلق من سكون من النقطة (1) على مستوي أملس طولة 5 M يميل على المستوي المرجعي بزاوية مقدارها (30^0) حتي وصل الي المستوي المرجعي عن النقطة (2) أحسب :

أ- الطاقة الميكانيكية للنظام



$m = 1$ kg
$V_1 = zero$
$d_{12} = 5$ m

$h_1 = d \sin\theta = 5 \sin 30 = 2.5$ m

$M.E = P.E_1 + K.E_1$

$K.E_1 = zero$

$M.E = P.E_1 = m\, g\, h_1$

$M.E = (1)\,(10)\,(2.5) = 25$ J

ب- طاقة حركة الكرة أسفل المستوي المائل .

$M.E = P.E_2 + K.E_2$

$P.E_2 = zero$

$M.E = K.E_2 = 25$ J

ج- ارتفاع المستوي الذي تكون عنده سرعة الجسم تساوي 5 m/s .

$M.E = P.E_2 + K.E_2$

$M.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 + mgh$

$25 = \frac{1}{2}\,(1)\,(5)^2 + (1)\,(10)\,h$

$h = 1.25$ M

د- سرعة الكرة علي ارتفاع 2 M من المستوي المرجعي .

$M.E = K.E + P.E$

$M.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 + mgh$

$25 = \frac{1}{2}\,(1)\,V^2 + (1)\,(10)\,(2)$

$V = 3.16$ M/S

هـ - الارتفاع الذي يتساوي عنده طاقتي الوضع و الحركة .

$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{25}{2} = 12.5$ J

$P.E = mgh$

$12.5 = (1)\,(10)\,h$ ======> $h = 1.25$ m

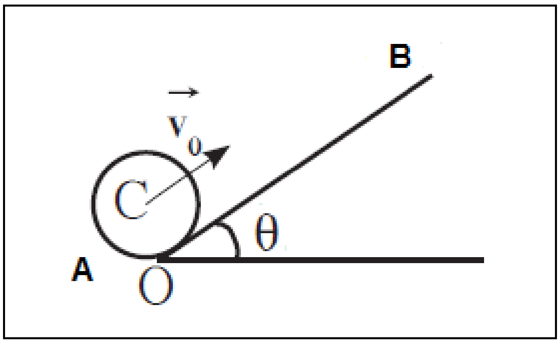
و – سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوي فيه طاقتي الوضع و الحركة

$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{25}{2} = 12.5$ J

$K.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2$

$12.5 = \frac{1}{2}\,(1)\,V^2$ ======> $V = 5$ m/s

مثال : جسم كتلته 100 g موضوع أسفل مستوي مائل كما بالشكل . اذا اعتبرنا سطح المستوي المائل هو المستوي المرجعي . اذا اطلق الجسم لأعلي من النقطة A بسرعة ابتدائية 10 m/s . أحسب



أ- الطاقة الميكانيكة للجسم .

<u>عند النقطة A</u>

$$M.E = K.E_A + P.E_A$$

$$P.E_A = zero$$

$$M.E = K.E_A = \frac{1}{2} m V_A^2$$

$$M.E = K.E_A = \frac{1}{2} (0.1) (10)^2 = 5 J$$

ب- أقصي ارتفاع يصل اليه الجسم .

$$M.E = K.E + P.E$$

$$K.E = zero$$

$$M.E = P.E$$

$$M.E = m g h$$

$$5 = (0.1) (10) h \quad ======> \quad h = 5 m$$

ج – ارتفاع الجسم الذي يجعل سرعته 5 m/s

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2} m V^2 + m g h$$

$$5 = = [\frac{1}{2} (0.1) (5)^2] + [(0.1) (10) h]$$

$$h = 3.75 m$$

د- الارتفاع الذي يتساوي عنده طاقتي الوضع والحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 J$$

$$P.E = mgh$$

$$2.5 = (0.1) (10) h$$

$$h = 2.5 m$$

هـ - سرعة الجسم عند الموضع الذي يتساوي فيه طاقتي الوضع و الحركة

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{5}{2} = 2.5 J$$

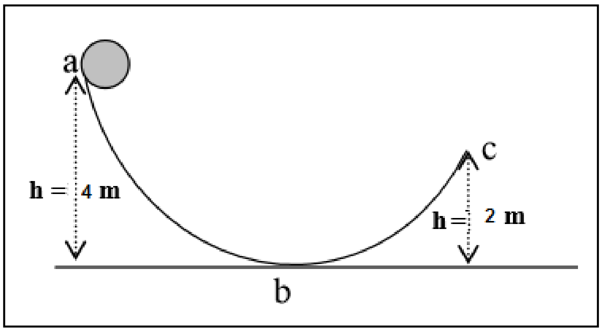
$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$2.5 = \frac{1}{2} (0.1) V^2$$

$$V = 7.07 m/s$$

مثال : كرة وزنها 200 N تنزلق من النقطة a علي المسار الأملس abc الموضح بالشكل , اذا علمت ان النقطة b تمثل المستوي المرجعي

أحسب :1- طاقة وضع الكرة عند النقطة a .



$$W = m\,g = 200\ N$$
$$m = \frac{200}{10} = 20\ kg$$
$$P.E_A = m\,g\,h_a = (200)\ (4) = 800\ J$$

2- الطاقة الميكانيكية للكرة عند النقطة a .

$$K.E_a = zero$$
$$M.E = K.E_a + P.E_a$$
$$M.E = P.E_a = 800\ N$$

2- سرعة الكرة عند النقطة b .

$$K.E_b = M.E = 800\ J$$
$$K.E_b = \frac{1}{2}\,m\,V_b^2 \quad ===> \quad 800 = \frac{1}{2}\,(20)\,V_b^2 \quad =====> V_b = 8.94\ m/s$$

3- سرعة الكرة عند النقطة c .

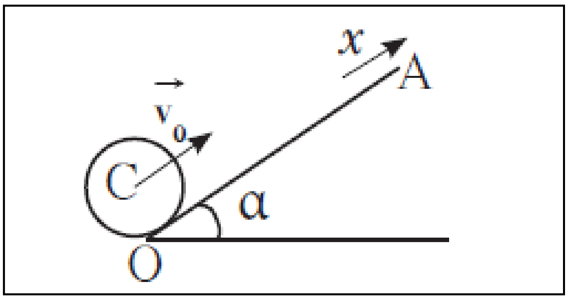
$$M.E = K.E_c + P.E_c$$
$$M.E = m\,g\,h_c + \frac{1}{2}\,m\,V_c^2$$
$$800 = [\ (20)\ (10)\ (2)\ ] + [\ \frac{1}{2}\,(20)\,V_c^2\ ]$$
$$V_c = 6.32\ m/s$$

مثال $\frac{1}{39}$: كرة موجودة علي ارتفاع 2M أعلي سطح الأرض (المستوي المرجعي) , أحسب سرعة الكرة لحظة اصطدامها بسطح الأرض .

$h = 2\ m$
$V_1 = zero$
$V_2 = ?$

$$M.E_1 = M.E_2$$
$$P.E_1 + K.E_1 = P.E_2 + K.E_2$$
$$K.E_1 = P.E_1 = zero$$

$$P.E_1 = K.E_2$$
$$mgh_1 = \frac{1}{2}\,m\,V_2^2$$
$$gh = \frac{1}{2}\,V_2^2$$
$$(10)\ (2) = = \frac{1}{2}\,V_2^2$$
$$V_2 = 6.32\ m/s$$



مثال $\frac{5}{42}$: الجسم الموضح بالشكل كتلته 200 gm يتحرك دون احتكاك علي المستوي المائل الأملس الذي يصنع زاوية 30^0 , أطلق الجسم من النقطة O بسرعة ابتدائية مقدارها 4 m/s و استخدم المستوي المار بالنقطة O كمستوي مرجعي

1- أحسب الطاقة الميكانيكية للنظام

$m = 0.2\ kg$

$V_0 = 4\ m/s$

$P.E_0 = zero$

$M.E_O = P.E_O + K.E_O$

$M.E_O = K.E_O = \frac{1}{2} m V_0^2 = \frac{1}{2} (0.2)\ (4)^2 = 1.6\ J$

ب- أوجد صيغة رياضية لطاقة الجسم الكامنة التثاقلية بدلاله البعد x .

$h = d \sin\theta = x \sin\theta$

$P.E = mgh$

$P.E = mg\ x \sin\theta$

ج – أحسب ارتفاع الجسم عندما تكون سرعته 1 m/s .

$M.E = P.E + K.E$

$M.E = mgh + \frac{1}{2} m V^2$

$1.6 = [\ (0.2)(10)\ h\ ] + [\ \frac{1}{2} (0.2)\ (1)^2\ ]$

$h = 0.75\ m$

د – أحسب أقصي ارتفاع تصل اليه الكرة .

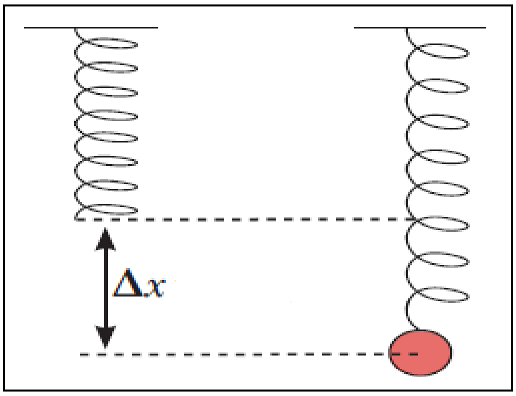
$K.E = zero$

$M.E = P.E + K.E$

$M.E = P.E = mgh$

$1.6 = (0.2)\ (10)\ h$ ======> $h = 0.8\ m$

الطاقة الكامنة المرنة في الزنبرك :



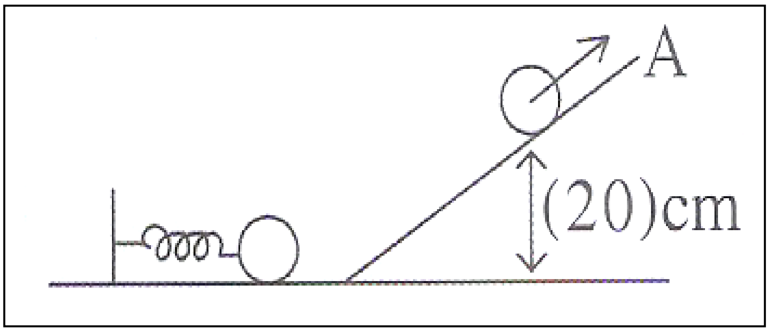
عند شد أو ضغط النابض فانه يختزن طاقة كامنة مرونية و يمكن حسابها من العلاقة التالية:

$$P.E_e = \frac{1}{2}\ k\ \Delta x^2$$

$P.E_e$	الطاقة الكامنة المرنة	=====>	J
k	ثابت المرونة – هوك	=====>	N/M
x	الاستطالة	=====>	M

س : اذكر العوامل التي يتوقف عليها الطاقة الكامنة المرنة في زنبرك ؟

1- الابعاد الهندسية للنابض 2- نوع المادة
3- الاستطالة .



مثال $\frac{6}{47}$: لاطلاق جسم كتلته 200gm وضع الجسم امام زنبرك طوله الحقيقي 25 cm قبل اطلاق الجسم تم ضغطه حتي أصبح طوله 20 cm وصل الجسم بعد الاطلاق الي النقطة A علي المستوي الأملس المائل التي تقع علي ارتفاع 20 cm , من المستوي الأفقي بسرعة $V_A = 1$ m/s , أحسب :

أ- ثابت مرونة الزنبرك

m = 0.2 kg
L = 25 cm
L' = 20 cm
$h_A = 20$ cm
$V_A = 1$ m/s

$M.E_O = M.E_A$

$P.E_O + K.E_O = P.E_A + K.E_A$

$K.E_O = zero$

$P.E_O = P.E_A + K.E_A$

$\frac{1}{2}\ k\ \Delta x^2 = m\ g\ h_A + \frac{1}{2} m\ V_A^2$

$\frac{1}{2}\ K\ (\frac{5}{100})^2 = [\ (0.2)\ (10)\ (\frac{20}{100})\ ] + [\ \frac{1}{2} (0.2)\ (1)^2\ ]$

k = 400 N/M

ب- اقصي ارتفاع عن المستوي الأفقي يمكن ان تبلغه الكتلة

<u>عند اقصي ارتفاع</u> : يمكن ان نسميه نقطة B

$M.E_O = M.E_B$

$P.E_O + K.E_O = P.E_B + K.E_B$

$K.E_O = zero$,,, $K.E_B = zero$

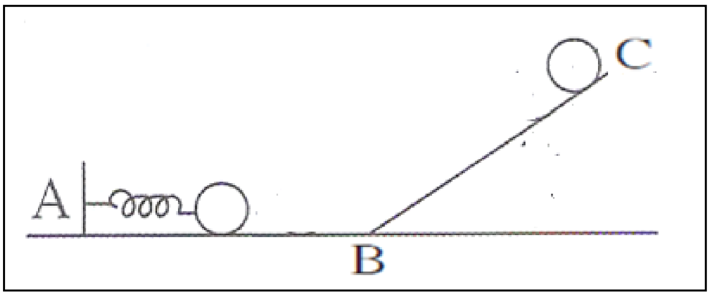
$P.E_O = P.E_B$

$\frac{1}{2}\ k\ \Delta x^2 = m\ g\ h_B$

$\frac{1}{2}\ (400)\ (\frac{5}{100})^2 = (0.2)\ (10)\ h_B$

$h_B = 0.25$ M

مثال : نابض طوله 100 cm ضغط حتي أصبح طوله 50 cm عند النقطة A ووضع امامه جسم كتلته 2Kg , اذا كان ثابت مرونة النابض يساوي 200 N/M , و تحرك الجسم علي المسار الاملس ABC أحسب :



1- سرعة الجسم عند النقطة B .

$\Delta x = 100 - 50 = 50$ cm

$M.E_A = M.E_B$

$[K.E_A + P.E_A] = [K.E_B + P.E_B]$

$K.E_A = zero$,,,, $P.E_B = zero$

$P.E_A = K.E_B$

$\frac{1}{2} K \Delta X^2 = \frac{1}{2} m V_B^2$

$[(\frac{1}{2})(200)(\frac{50}{100})^2] = [\frac{1}{2}(2) V_B^2]$

$V_B = 5$ m/s

2- اقصي ارتفاع يصل اليه الجسم عند النقطة C .

$M.E_B = M.E_C$

$[K.E_B + P.E_B] = [K.E_C + P.E_C]$

$K.E_C = zero$,,,, $P.E_B = zero$

$K.E_B = P.E_C$

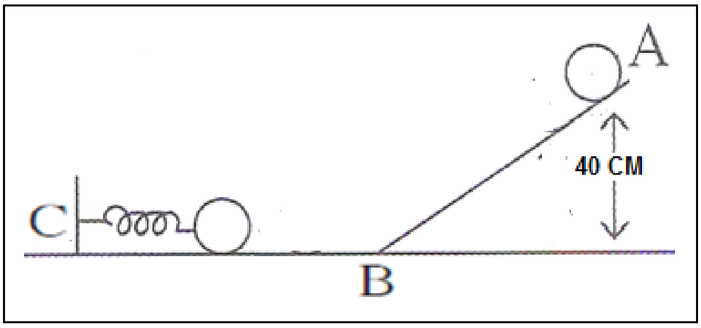
$\frac{1}{2} m V_B^2 = m g h_c$

$[(\frac{1}{2})(2)(5)^2] = [(2)(10) h_c]$

$h_c = 1.25$ m

مثال: جسم كتلتة 2 KG انزلق من سكون من النقطة A علي ارتفاع 40 cm أعلي المستوي المرجعي ليتحرك علي المسار الاملس ABC ليصطدم عند النقطة C بالنابض , اذا كان ثابت النابض يساوي 200 N/M , أحسب

1- سرعة الجسم عند النقطة B .



$$M.E_A = M.E_B$$
$$[\ K.E_A + P.E_A\ ] = [\ K.E_B + P.E_B\ ]$$
$$K.E_A = zero \ \ ,,,, \ \ P.E_B = zero$$

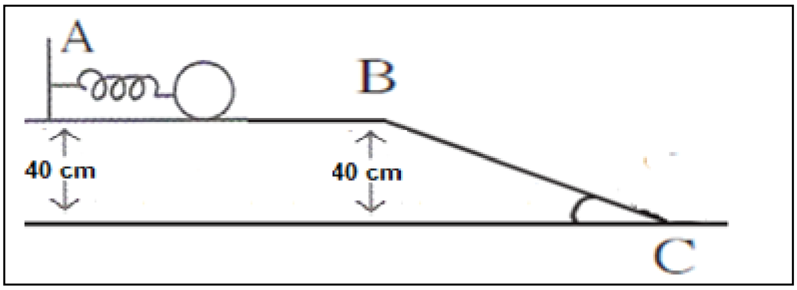
$$P.E_A = K.E_B$$
$$m\ g\ h_A = \frac{1}{2}\ m\ V_B^2$$
$$[\ (2)\ (10)\ (\frac{40}{100})\ ] = [\ \frac{1}{2}\ (2)\ V_B^2\ ]$$
$$V_B = 2.82\ m/s$$

2- مقدار الانضغاط الحادث في النابض بفرض عدم حدوث فقد في الطاقة .

$$M.E_B = M.E_C$$
$$[\ K.E_B + P.E_B\ ] = [\ K.E_C + P.E_{(e)C}\ ]$$
$$K.E_C = zero \ \ ,,,, \ \ P.E_B = zero$$

$$K.E_B = P.E_{(e)C}$$
$$\frac{1}{2}\ m\ V_B^2 = \frac{1}{2}\ K\ \Delta X^2$$
$$[\ (\frac{1}{2})\ (2)\ (2.82)^2\ ] = [\ (\frac{1}{2})\ (200)\ \Delta X^2\ ]$$
$$\Delta X = 0.282\ m$$

مثال : نابض ثابت مرونته 200 N/M موضوع علي مستوي أملس أفقي أملس AB اذا ضغط بمقدار 50 cm عند النقطة A ثم وضع امامه جسم كتلته 2 kg ليتحرك الجسم علي المستوي الافقي الذي ارتفاعه 40 cm أحسب سرعة الجسم عند النقطة B .



$M.E_A = M.E_B$

$[K.E_A + P.E_A] = [K.E_B + P.E_B]$

$K.E_A = zero$

$P.E_A + P.E_{(e)A} = K.E_B + P.E_B$

$m\,g\,h_A + \frac{1}{2} K\,\Delta X^2 = \frac{1}{2} m\,V_B^2 + m\,g\,h_B$

$[(2)(10)(\frac{40}{100})] + [(\frac{1}{2})(200)(\frac{50}{100})^2] = [\frac{1}{2}(2)\,V_B^2] + [(2)(10)(\frac{40}{100})]$

$V_B = 5\ m/s$

ب- اذا تحرك الجسم ليصل الي النقطة C والتي تمثل المستوي المرجعي و تحركت علي المستوي الاملس المائل BC أحسب سرعة الجسم عند النقطة C .

$M.E_B = M.E_C$

$[K.E_B + P.E_B] = [K.E_C + P.E_C]$

$P.E_C = zero$

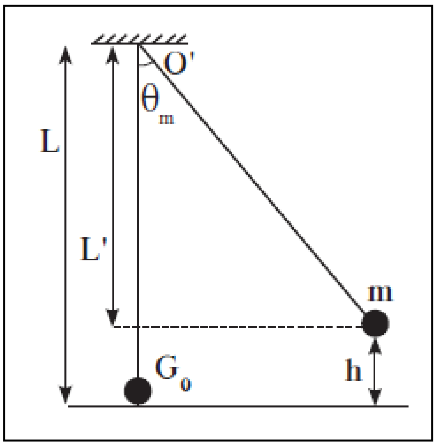
$K.E_B + P.E_B = K.E_C$

$\frac{1}{2} m\,V_B^2 + m\,g\,h_B = \frac{1}{2} m\,V_C^2$

$[\frac{1}{2}(2)(5)^2] + [(2)(10)(\frac{40}{100})] = [\frac{1}{2}(2)\,V_C^2]$

$V_c = 5.74\ m/s$

حركة البندول :



عند دراسة التبادل بين طاقتي الوضع التثاقلية والحركة في غياب قوة الاحتكاك .

اذا سحب البندول من موضع الاستقرار G_0 ليصنع زاوية θ_m فانه يرتفع مسافة h عن موضع الاستقرار .

وبالتالي يمكن حساب طاقة الوضع التثاقلية بالمعادلة التالية :

$$P.E_g = mgh$$

$$h = L - L'$$

$$\cos\theta = \frac{L'}{L} \Longrightarrow L' = L\cos\theta$$

$$h = L - L\cos\theta_m = L\,(1 - \cos\theta_m)$$

$$P.E_g = mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

عند حساب الطاقة الميكانيكية :

$$M.E = K.E + P.E$$

$$M.E = \frac{1}{2}mv^2 + mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

<u>عند اقصى ارتفاع :</u>

$$K.E = ZERO$$

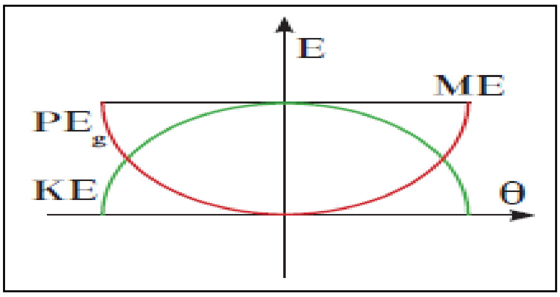
$$M.E = mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

<u>عند نقطة الاتزان G_0 :</u>

$$P.E = ZERO$$

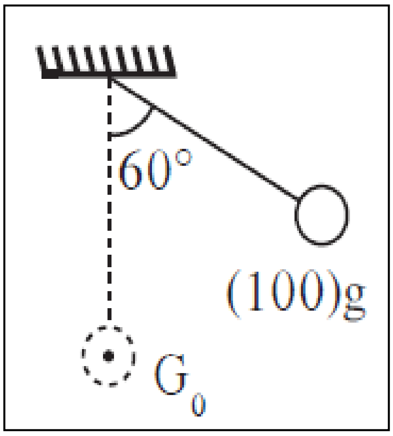
$$M.E = \frac{1}{2}mv^2$$

K.E	طاقة الحركة	=====>	J
P.E	طاقة الوضع	=====>	J
m	الكتلة	=====>	Kg
L	طول البندول	=====>	M
θ_m	الزاوية	=====>	درجة



العلاقات البيانية بين الطاقة الحركية و طاقة الوضع للبندول مع الزاوية :

مثال $\frac{1}{46}$: بندول بسيط مكون من كتلة 100 g مربوط بخيط عديم الوزن لا يتمدد طوله 40 cm , سحبت الكتلة مع ابقاء الخيط مشدودا بزاوية 60^0 و أفلتت من دون سرعة ابتدائية , لتهتز في غياب الاحتكاك , أحسب



أ- الطاقة الميكانيكية للنظام

m = 0.1 kg
$\theta_m = 60^0$
L = 0.4 m
M.E = ?
V = ?

أ- عند أقصي ارتفاع

K.E = zero
$M.E = P.E = mgL\ (1 - \cos\theta_m)$
$M.E = (0.1)(10)(0.4)(1 - \cos 60)$
M.E = 0.2 J

ب- سرعة الكتلة عند النقطة G_0
عند نقطة الاتزان G_0

P.E = zero
$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2$
$0.2 = \frac{1}{2}(0.1) v^2$
V = 2 m/s

ج - الزاوية التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

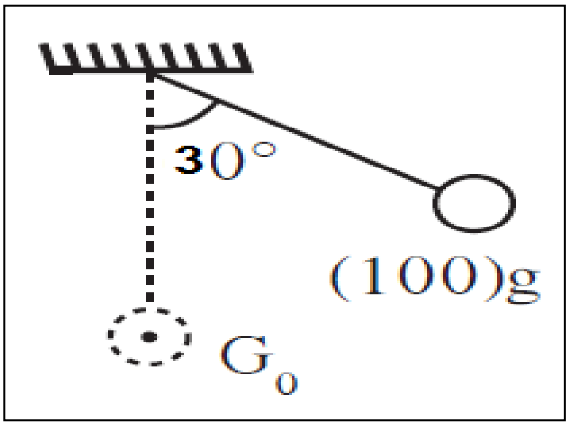
$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1\ J$
$P.E = mgL\ (1 - \cos\theta)$
$0.1 = (0.1)(10)(0.4)[1 - \cos\theta]$
$\cos\theta = 0.75$ ======> $\theta = 41.4^0$

د- أحسب السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1\ J$
$K.E = \frac{1}{2} m V^2$
$0.1 = \frac{1}{2}(0.1) V^2$ ======> V = 1.41 m/s

مثال : بندول بسيط مكون من كتلة نقطية مقدارها 100 g معلق في خيط مرن عديم الوزن و غير قابل لتمدد طوله 2 M ازيحت الكتلة و الخيط مشدود بزاوية $\theta = 30^0$ وافلت من السكون أحسب

أ- الطاقة الميكانيكة للنظام .



عند أقصى ارتفاع :

K.E = zero

$$M.E = P.E = mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

$$M.E = (0.1)(10)(2)(1 - \cos 30)$$

$$M.E = 0.267\ J$$

ب- سرعة الكتلة عند مرورها بالنقطة G_0 .

P.E = zero

$$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$0.267 = \frac{1}{2}(0.1)\, v^2$$

$$V = 2.314\ m/s$$

ج – الزاوية التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.267}{2} = 0.1335\ J$$

$$P.E = mgL\,(1 - \cos\theta)$$

$$0.1335 = (0.1)(10)(2)[1 - \cos\theta]$$

$$\cos\theta = 0.93$$

$$\theta = 21.05^0$$

د- السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الحركة والوضع .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.267}{2} = 0.1335\ J$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.1335 = \frac{1}{2}(0.1)\, V^2$$

$$V = 1.634\ m/s$$

مثال : بندول طول خيطه 1 m علق في طرفيه كتلة مقدارها 100 gm ازيح بمقدار زاوية θ_m وترك ليتحرك من السكون , باستخدام الادوات المخبرية تم حساب سرعة البندول عند مرورة بنقطة الأتزان G_0 فكانت 2 m/s أحسب :

1- الطاقة الميكانيكة للنظام .

عند النقطة G_0

$$P.E = zero$$

$$M.E = K.E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} (0.1) (2)^2 = 0.2 \text{ J}$$

1- أقصى أزاحة زاوية للبندول .

$$M.E = P.E = mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$0.2 = (0.1) (10) (1) [1- \cos \theta_m]$$

$$\cos \theta_m = 0.8$$

$$\theta_m = 36^0 \ 52'$$

2- الزاوية التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$P.E = mgL (1 - \cos \theta)$$

$$0.1 = (0.1) (10) (1) [1 - \cos \theta]$$

$$\cos \theta = 0.9$$

$$\theta = 25^0 50'$$

3- السرعة التي يتساوي عندها طاقتي الوضع و الحركة .

$$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{0.2}{2} = 0.1 \text{ J}$$

$$K.E = \frac{1}{2} m V^2$$

$$0.1 = \frac{1}{2} (0.1) V^2$$

$$V = 1.41 \text{ m/s}$$

4- الزاوية التي يكون عندها سرعة البندول تساوي 1.5 m/s .

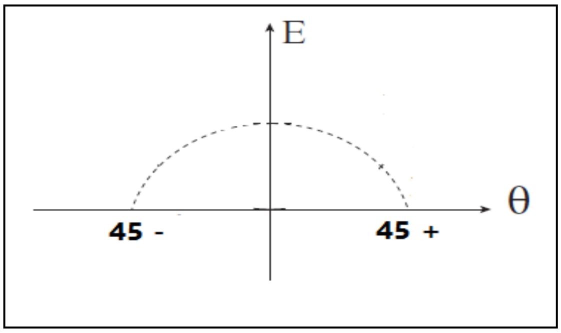
$$M.E = \frac{1}{2} m v^2 + mgL (1 - \cos \theta_m)$$

$$0.2 = \frac{1}{2} (0.1) (1.5)^2 + (0.1) (10) (1) [1-\cos \theta_m]$$

$$\cos \theta_m = 0.9125$$

$$\theta_m = 24^0 \ 8'$$

مثال - الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد انواع الطاقة و زاوية الازاحة لبندول , اذا كانت كتلة البندول 200 g ومربوط بطرف خيط مرن عديم الوزن طوله 1M



أ- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني .

K.E

ب- طاقة الوضع التثاقلية عند أقصي ازاحة زاوية .

$$P.E = mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

$$P.E = (0.2)\,(10)\,(1)\,(1-\cos 45) = 0.58\ J$$

ج – احسب الطاقة الميكانيكية للنظام .
عند أقصي أزاحة

$$M.E = P.E = 0.58\ J$$

د- طاقة الحركة عند النقطة G_0

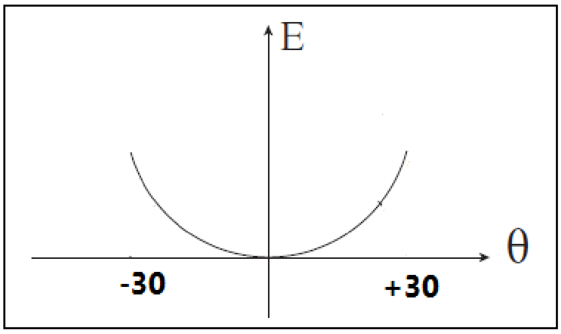
$$M.E = K.E = 0.58\ J$$

هـ - سرعة الجسم عند النقطة G_0

$$K.E = \frac{1}{2}\,m\,V^2$$

$$0.58 = \frac{1}{2}\,(0.2)\,V^2 \quad ======> \quad V = 2.4\ m/s$$

مثال - الشكل التالي يوضح العلاقة بين أحد انواع الطاقة و زاوية الازاحة لبندول , اذا كانت كتلة البندول 100 g ومربوط بطرف خيط مرن عديم الوزن طوله 2M



أ- حدد نوع الطاقة الموضحة بالرسم البياني .

P.E

ب- طاقة الوضع التثاقلية عند أقصي ازاحة زاوية .

$$P.E = mgL\,(1 - \cos\theta_m)$$

$$P.E = (0.1)\,(10)\,(1)\,(1-\cos 30) = 0.26\ J$$

ج – احسب الطاقة الميكانيكية للنظام .
عند أقصي ازاحة :

$$M.E = P.E = 0.26\ J$$

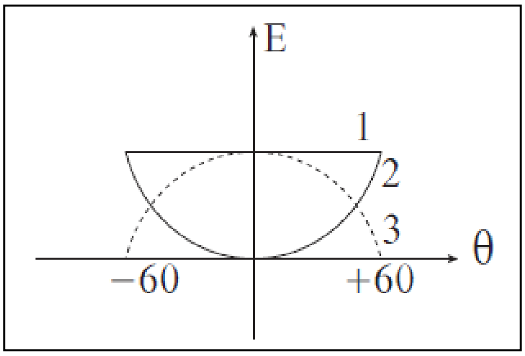
د- طاقة الحركة عند النقطة G_0

$$M.E = K.E = 0.26\ J$$

هـ - سرعة الجسم عند النقطة G_0

$$K.E = \frac{1}{2}\,m\,V^2$$

$$0.26 = \frac{1}{2}\,(0.1)\,V^2 \quad ======> \quad V = 2.28\ m/s$$



مثال $\frac{6}{43}$: بندول بسيط مكون من كتلة نقطية مقدارها 200 gm معلقة بطرف خيط عديم الوزن طوله 1 M ازيحت الكتلة عن موضع الاستقرار بزاوية 60^0

أـ حدد نوع الطاقة التي يمثلها الرسوم البيانية في الشكل

ب- احسب مقدار الطاقة الميكانيكية للنظام

ج – أكتب بالنسبة للزاوية θ صيغة رياضية للطاقة الكامنة التثاقلية

د - أكتب بالنسبة للزاوية θ صيغة رياضية للطاقة الحركية

هـ - احسب الزاوية التي يتساوي عندها الطاقة الحركية و الطاقة الكامنة التثاقلية

m = 0.2 kg
L= 1 M
$\theta_m = 60^0$

أ –

1 ====> M.E
2 ====> P.E
3 ====> K.E

ب- عند اقصي ارتفاع :

$M.E = P.E = mgL\ (1 - \cos\theta_m)$

$M.E = P.E = (0.2)\ (10)\ (1)\ [1 - \cos 60] = 1\ J$

ج -

$P.E = mgL\ (1 - \cos\theta_m)$

$P.E = (0.2)\ (10)\ (1)\ [1 - \cos\theta_m]$

$P.E = 2\ [1 - \cos\theta_m] = 2 - 2\cos\theta_m$

د -

$M.E = P.E + K.E$

$K.E = M.E - P.E$

$K.E = 1 - \{2 - 2\cos\theta_m\}$

$K.E = 1 - 2 + 2\cos\theta_m$

$K.E = -1 + 2\cos\theta_m$

هـ -

$K.E = P.E = \frac{M.E}{2} = \frac{1}{2} = 0.5\ J$

$P.E = mgL\ (1 - \cos\theta)$

$0.5 = (0.2)\ (10)\ (1)\ [1 - \cos\theta]$

$\cos\theta = 0.75$ ======> $\theta = 41.4^0$

عدم حفظ الطاقة الميكانيكة في نظام معزول :

التغير في الطاقة الكلية للنظام يكون نتيجة التغير في الطاقة الداخلية أو الميكانيكة أو الاثنين معا .

$$\Delta E = \Delta M.E + \Delta U$$

ومع حفظ الطاقة في النظام المعزول يصبح $\Delta E = ZERO$ وبالتالي :

$$\Delta M.E = - \Delta U$$

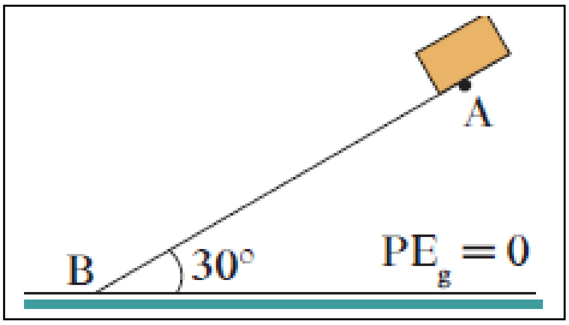
وبما أن الشغل الناتج عن قوة الاحتكاك يتحول الي طاقة داخلية , تعمل علي تغير درجة حرراته أو تغير حالته الفزيائية او الاثنين معا .

$$\Delta M.E = - W_f$$

$$\Delta M.E = - f \times d$$

$\Delta M.E$	التغير في الطاقة الميكانيكية	=====>	J
f	قوة الاحتكاك	=====>	N
d	الازاحة	=====>	M

مثال $\frac{2}{40}$ صندوق صغير كتلته $m = 100$ gm , أفلت من سكون من النقطة A , علي المستوي المائل الخشن , طول المسار AB يساوي 4 M , و يصنع زاوية مقدارها 30^0 , اذا وصل الصندوق الي النقطة B بسرعة $V_B = 6$ m/s
أحسب مقدار قوة الاحتكاك علي المستوي المائل



$m = 0.1$ kg
V_A = zero
$V_B = 6$ m/s
$d = 4$ m
$f = ?$

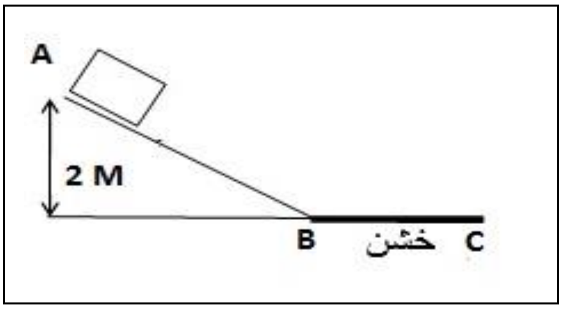
$h_A = d \sin\theta$
$h_A = (4) \sin 30$
$h_A = 2$ m

$\Delta M.E = - f\ d_{AB}$
$M.E_B - M.E_A = - f\ d_{AB}$
$[\ K.E_B + P.E_B\ ] - [\ K.E_A + P.E_A\ ] = - f\ d_{AB}$

$K.E_A$ = zero ,,,,, $P.E_B$ = zero

$K.E_B - P.E_A = - f\ d_{AB}$
$\frac{1}{2} m V_B^2 - m g h_A = - f\ d_{AB}$
$[\frac{1}{2} (0.1) (6)^2] - [(0.1) (10) (2)] = - f (4)$
$f = 0.05$ N

مثال : الشكل المقابل يوضح جسم كتلته 5kg موضوع اعلي مستوي مائل أملس , تحرك الجسم من السكون من النقطة A التي ترتفع عن الارض بمقدار 2 m لتصل الي النقطة رقم B , ثم تحركت علي المستوي الخشن لتتوقف عن الحركة عند النقطة C و المطلوب أحسب :



1- الطاقة الميكانيكية للجسم عند النقطة A

$$M.E = P.E_A + K.E_A$$

$$K.E_A = zero$$

$$M.E = P.E_A = m\,g\,h_A$$

$$M.E = (5)(10)(2) = 100\ J$$

2- سرعة الجسم عند النقطة B .

$$M.E = K.E_B + P.E_B$$

$$P.E_B = zero$$

$$M.E = K.E_B$$

$$M.E = \frac{1}{2}\,m\,V_B^2$$

$$100 = \frac{1}{2}(5)\,V_B^2$$

$$V_B = 6.32\ m/s$$

3- اذا كان طول المسار (BC) 1m أحسب مقدار قوة الاحتكاك .

$$\Delta M.E = -f\ d_{BC}$$

$$M.E_C - M.E_B = -f\ d_{BC}$$

$$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = -f\ d_{BC}$$

$$P.E_B = zero \quad ,,,,, \quad P.E_C = zero$$

$$K.E_C - K.E_B = -f\ d_{BC}$$

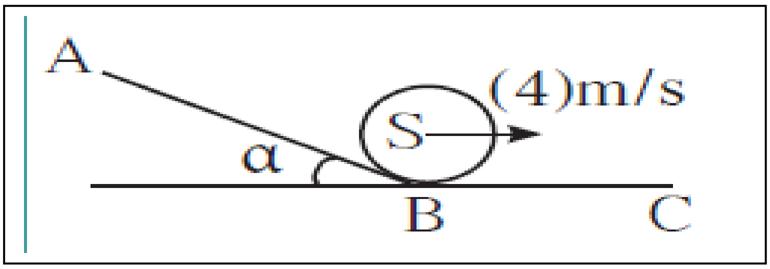
$$K.E_C = zero$$

$$-K.E_B = -f\ d_{BC}$$

$$-100 = -f\,(1)$$

$$f = 100\ N$$

مثال $\frac{4}{42}$ أفلت الجسم S و كتلته 100 gm , من النقطة A علي المسار ABC , المستوي AB مائل أملس يصنع زاوية 30^0 في حين المستوي الأفقي BC خشن و قوة الاحتكاك ثابتهة و تساوي f = 0.1 N , اذا كانت سرعة الجسم لحظة مرورة بالنقطة B تساوي 4 m/s , أحسب : 1- طول الجزء AB



m = 0.1 kg
f = 0.1 N
V_A = zero
V_B = 4 m/s
V_C = zero
d_{AB} = ?
d_{BC} = ?

أ- $M.E_A = M.E_B$

$P.E_A + K.E_A = P.E_B + K.E_B$

$K.E_A$ = zero ,,, $P.E_B$ = zero

$P.E_A = K.E_B$

$m\,g\,h_A = \frac{1}{2} m V_B^2$

$(0.1)(10)\,h_A = \frac{1}{2}(0.1)(4)^2$

$h_A = 0.8$ m

$h_A = d_{AB} \sin\theta$

$0.8 = d_{AB} \sin 30$ ======> $d_{AB} = 1.6$ m

2- اذا أكمل الجسم مساره علي المسار BC ليتوقف عند النقطة C أحسب طول المسار BC

$\Delta M.E = -f\ d_{BC}$

$M.E_C - M.E_B = -f\,d_{BC}$

$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = -f\,d_{BC}$

$P.E_C$ = zero ,,,,, $K.E_C$ = zero ,,,, $P.E_B$ = zero

$-K.E_B = -f\,d_{BC}$

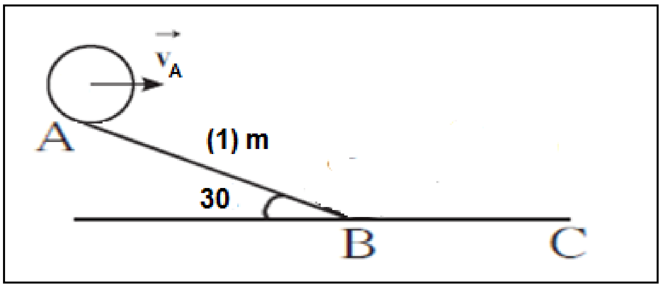
$-\frac{1}{2} m V_B^2 = -f\,d_{BC}$

$\frac{1}{2}(0.1)(4)^2 = (0.1)\,d_{BC}$

$d_{BC} = 8$ m

مثال : جسم كتلتة 2 kg موضوع اعلي المستوي الخشن AB المائل بزاوية 30^0 عند النقطة A انزلق من سكون علي المسار AB , اذا علمت ان طول المسار AB يساوي 30cm و أن قوة الاحتكاك علي المسارABC منتظمة و تساوي 0.5 N

أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B



$$h_A = d \sin\theta$$
$$h_A = \frac{30}{100} \sin(30) = 0.15 \text{ m}$$

$$\Delta M.E = - f \ d_{AB}$$
$$M.E_B - M.E_A = - f \ d_{AB}$$
$$[\ K.E_B + P.E_B\ ] - [\ K.E_A + P.E_A\ ] = - f \ d_{AB}$$

$K.E_A = zero$,,,,, $P.E_B = zero$

$$K.E_B - P.E_A = - f \ d_{AB}$$
$$\frac{1}{2} m V_B^2 - m g h_A = - f \ d_{AB}$$
$$[\frac{1}{2} (2) V_B^2] - [\ (2)(10)(0.15)\ ] = - (0.5) (\frac{30}{100})$$
$$V_B = 1.68 \text{ m/s}$$

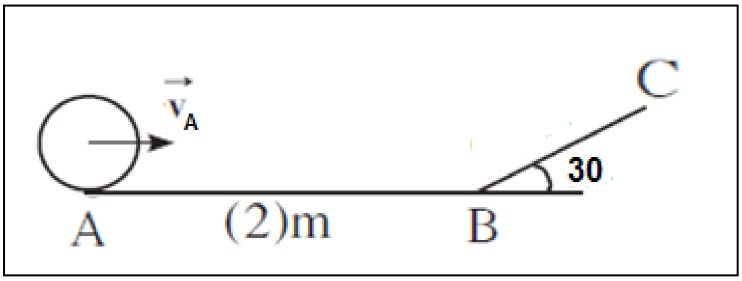
ب- اذا أكمل الجسم مساره علي المستوي الخشن BC ليتوقف عند النقطة C , أحسب طول المسار BC .

$$\Delta M.E = - f \ d_{BC}$$
$$M.E_C - M.E_B = - f \ d_{BC}$$
$$[\ K.E_C + P.E_C\ ] - [\ K.E_B + P.E_B\ ] = - f \ d_{BC}$$

$K.E_C = zero$,,,, $P.E_C = zero$,,,, $P.E_B = zero$

$$- K.E_B = - f \ d_{BC}$$
$$\frac{1}{2} m V_B^2 = f \ d_{BC}$$
$$[\frac{1}{2} (2) (1.68)^2\ ] = (0.5) \ d_{BC}$$
$$d_{BC} = 5.7 \text{ m}$$

مثال : جسم كتلتة 2kg انطلق من النقطة A بسرعة مقدارها 5m/s علي المسار AB الخشن و طوله يساوي 2M , بفرض أن قوة الاحتكاك علي طول المسار AB ثابتة و تساوي 0.5 N .



أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B

$\Delta M.E = - f\ d_{AB}$

$M.E_B - M.E_A = - f\ d_{AB}$

$[\ K.E_B + P.E_B\ ] - [\ K.E_A + P.E_A\ ] = - f\ d_{AB}$

$P.E_A = zero$,,,,, $P.E_B = zero$

$K.E_B - K.E_A = - f\ d_{AB}$

$\frac{1}{2} m\ V_B^2 - \frac{1}{2} m\ V_A^2 = - f\ d$

$[\ \frac{1}{2} (2)\ V_B^2] - [\ \frac{1}{2} (2)\ (5)^2\ ] = - (0.5)\ (2)$

$V_B = 4.89\ m/s$

ب- اذا أكمل الجسم حركته علي المستوي الاملس BC والذي يميل بزاوية مقدارها 30^0 ليتوقف عن الحركة عند النقطة C أحسب طول المسار BC .

$M.E_c = M.E_B$

$[\ K.E_C + P.E_C\ ] = [\ K.E_B + P.E_B\ ]$

$K.E_C = zero$,,,, $P.E_B = zero$

$P.E_C = K.E_B$

$m\ g\ h_c = \frac{1}{2} m\ V_B^2$

$[\ (2)\ (10)\ h_c\ ] = [\ \frac{1}{2} (2)\ (4.89)^2\ ]$

$h_c = 1.2\ m$

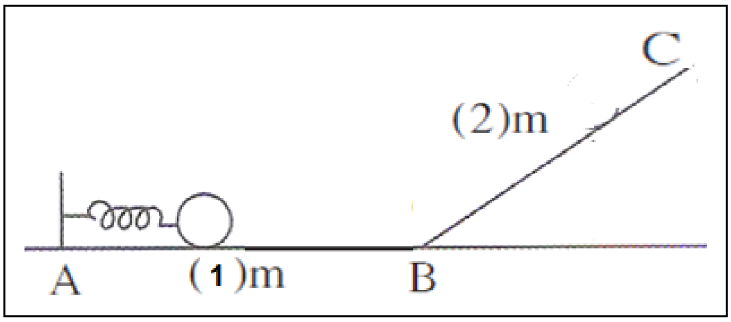
$h = d \sin\theta$

$1.2 = d \sin(30)$

$d = 2.4\ m$

مثال : نابض طوله 75 cm ثابت مرونته 900 N/M , ضغط حتي أصبح طوله 25cm ثم وضع امامه جسم كتلتة 5 Kg عند النقطة A لينطلق الجسم علي المسار الخشن ABC , اذا كان طول المسار AB يساوي 1 M و المسار BC يساوي 2 M وذلك بفرض أن قوة الاحتكاك ثابته علي المسار ABC الخشن و تساوي 0.5 N .

أ- أحسب سرعة الجسم عند النقطة B



$$\Delta x = 75 - 25 = 50\ cm$$

$\Delta M.E = -f\ d_{AB}$

$M.E_B - M.E_A = -f\ d_{AB}$

$[K.E_B + P.E_B] - [K.E_A + P.E_A] = -f\ d_{AB}$

$K.E_A = zero$,,,,, $P.E_B = zero$

$K.E_B - P.E_{(e)\ A} = -f\ d_{AB}$

$\frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} K \Delta X^2 = -f\ d_{AB}$

$[\frac{1}{2}(5) V_B^2] - [\frac{1}{2}(900)(\frac{50}{100})^2] = -(0.5)(1)$

$V_B = 6.69\ m/s$

ب- اذا أكمل الجسم حركته علي المستوي المائل BC حتي توقف عند النقطة C أحسب ارتفاع النقطة C .

$\Delta M.E = -f\ d_{BC}$

$M.E_C - M.E_B = -f\ d_{BC}$

$[K.E_C + P.E_C] - [K.E_B + P.E_B] = -f\ d_{BC}$

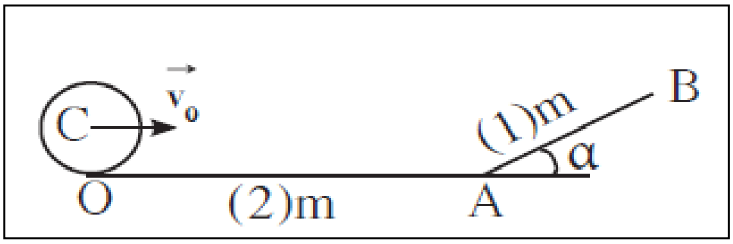
$K.E_C = zero$,,,, $P.E_B = zero$

$P.E_C - K.E_B = -f\ d_{BC}$

$m g h_C - \frac{1}{2} m V_B^2 = -f\ d_{BC}$

$[(5)(10) h_c] - [\frac{1}{2}(5)(6.69)^2] = -(0.5)(2)$

$h_c = 2.22\ m$



مثال $\frac{3}{42}$: الجسم C كتلته 0.1 kg يستطيع ان يتحرك علي المستوي الخشن حيث قوة الاحتكاك ثابتة و تساوي 0.5 N , علي المسار OAB , المسار OA = 2 M و AB = 1 M و مائل بزاوية 30^0 علي المستوي الأفقي , أطلق الجسم بسرعة ابتدائية V_0 من النقطة A , و اعتبر المستوي OA هو المستوي المرجعي , أوجد :

أ- أوجد علاقة بين السرعة الابتدائية V_0 و سرعة الجسم V_A عند النقطة A

$m = 0.1$ kg	
$f = 0.5$ N	$h_B = d \sin\theta$
$V_0 = ?$	$h_B = (1) \sin 30 = 0.5$ m
$V_B = 1$ m/s	

أ -

$\Delta M.E = - f\ d_{OA}$

$M.E_A - M.E_O = - f\ d_{OA}$

$[\ K.E_A + P.E_A\ ] - [\ K.E_O + P.E_O\ ] = - f\ d_{OA}$

$P.E_O = zero$,,,,, $P.E_A = zero$

$K.E_A - K.E_O = - f\ d_{OA}$

$\frac{1}{2} m V_A^2 - \frac{1}{2} m V_O^2 = - f\ d_{OA}$

$\frac{1}{2} m [\ V_A^2 - V_O^2\ ] = - f\ d_{OA}$

$\frac{1}{2} (0.1) [\ V_A^2 - V_O^2\ ] = - (0.5)\ (2)$

$[\ V_A^2 - V_O^2\ ] = - 20$

ب- أحسب السرعة الابتدائية للجسم V_0 , اذا بلغت سرعة الجسم عند النقطة B $V_B = 1$ m/s

$\Delta M.E = - f\ d_{OB}$

$M.E_B - M.E_O = - f\ d_{OB}$

$[\ K.E_B + P.E_B\ ] - [\ K.E_O + P.E_O\ ] = - f\ d_{OB}$

$P.E_O = zero$

$K.E_B + P.E_B - K.E_O = - f\ d_{OB}$

$\frac{1}{2} m V_B^2 + m\ g\ h_B - \frac{1}{2} m V_O^2 = - f\ d_{OB}$

$[\frac{1}{2} (0.1) (1)^2\ ] + [\ (0.1)\ (10)\ (0.5)\ ] - [\frac{1}{2} (0.1) V_O^2\ ] = - (0.5)\ (3)$

$V_O = 6.403$ m/s

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الثاني : كمية الحركة الخطية

الدرس 2-1: عزم القوة

عزم القوة (عزم الدوران): τ

كمية فزيائية تعبر عن مقدرة القوة علي أحداث حركة دورانية للجسم حول محور الدوران .
- عندما تؤثر القوة علي صنبور أو عند فتح الباب او ربط صامولة فأن المسبب لدوران الجسم هو عزم القوة و ليس القوة .
- القوة تكسب الجسم تسارع اما عزم القوة يكسب الجسم دوران .

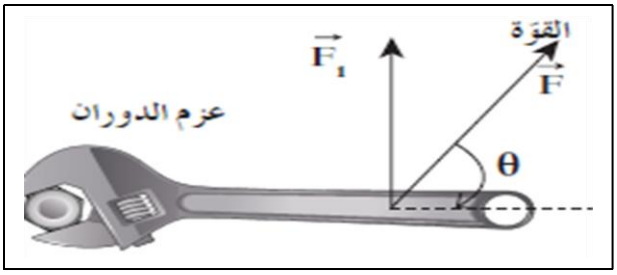
$$\vec{\tau} = \overrightarrow{F_{\perp}} \times \vec{d}$$

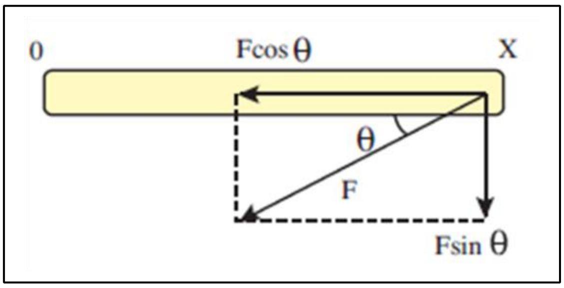
τ	عزم القوة	=====>	N.m
F	مركبة القوة العمودية	=====>	N
d	ذراع القوة	=====>	m

ذراع القوة : المسافة من محور الدوران الي نقطة تأثير القوة .

ملاحظات

1- يقاس عزم القوة بوحد N.M وهي لا تكافئ وحدة الجول
2- عندما تؤثر علي الجسم قوة بزاوية تميل علي محور الدوران فأن مركبة القوة العمودية فقط هي التي تسهم في عمل القوة





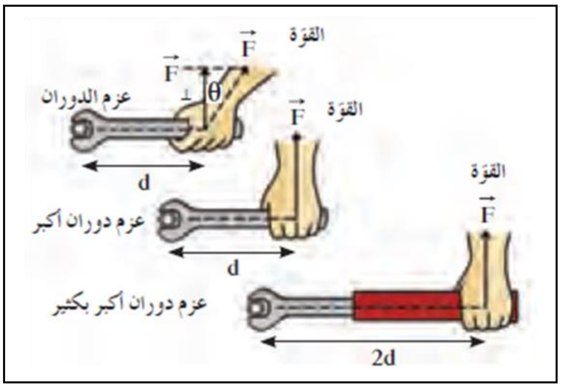
- وعند التأثير علي الجسم بزاوية فأننا نتعامل فقط مع المركبة العمودية وبالتالي تتحول معادلة حساب العزم كما يلي :

$$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}\,\sin\theta$$

درجة =====> الزاوية بين القوة و محور الدوران θ

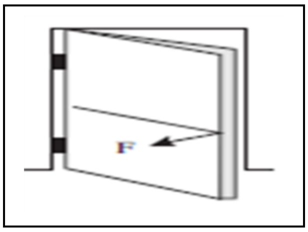
3- يزداد مقدار عزم القوة بزيادة مقدار القوة المؤثرة .

4- يزداد مقدار عزم القوة بزيادة ذراع العزم (ذراع القوة)



5- عند استخدامنا لمفتاح ربط كما بالشكل , فأن
- استخدام مفتاح الربط الطويل يؤدي الي بذل جهد اقل و عزم أكبر و يفتح البرغي بسهولة
- استخدام قوة عمودية تؤدي الي عزم أكبر وبالتالي يسهل فتح البرغي

6- عند استخدام مطرقة لسحب مسمار فأن بزيادة ذراع المطرقة يسهل انتزاع المسمار



7- يوضع مقبض الباب بعيدا عن محور دوران الباب ليمدنا بأكبر عزم للقوة و يسهل فتح الباب .

- كذلك عن دفع الباب فاننا لا ندفع المقبض جانبا بل يتم الدفع بصورة عمودية لان القوة العمودية تعطي عزم أقوي . (دوران أكثر بجهد أقل)

8- يحدد أتجاه عزم القوة بقاعدة اليد اليمني
- اذا كان اتجاه عزم القوة عكس عقارب الساعة فأن اتجاه العزم عمودي علي الصفحة للخارج و يعتبر العزم موجب .
- اذا كان اتجاه عزم القوة مع عقارب الساعة فأن اتجاه العزم عمودي علي الصفحة للداخل و يعتبر العزم سالب .

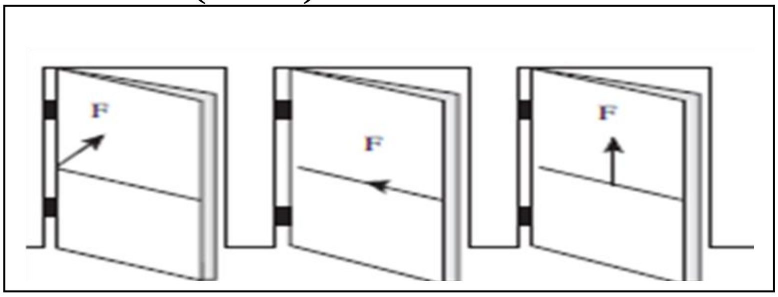
حالات يكون فيها عزم القوة صفر :

1- اذا كان خط عمل القوة يمر بمحور الدوران .

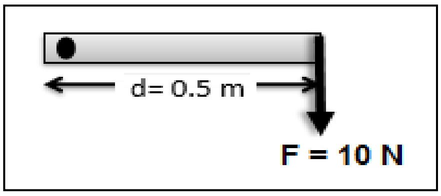
$d = zero ====> \tau = zero$

2- اذا كان خط عمل القوة يوازي محور الدوران .

$\theta = ZERO ====> \sin(zero) = zero ====> \tau = zero$

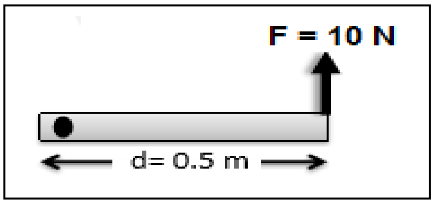


مثال : أحسب مقدار عزم القوة في الحالات التالية (مع تحديد اتجاه العزم) :



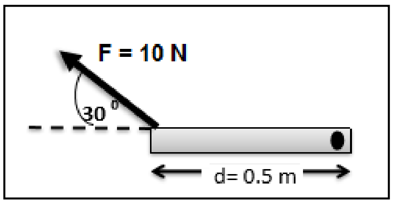
$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}$

$\tau = (10)\ (0.5) = -\ 5\ N.M$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}$

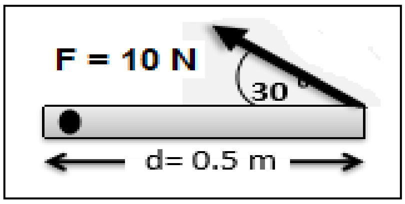
$\tau = (10)\ (0.5) = +\ 5\ N.M$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}\ \sin\theta$

$\tau = (10)\ (0.5)\ \sin(30)$

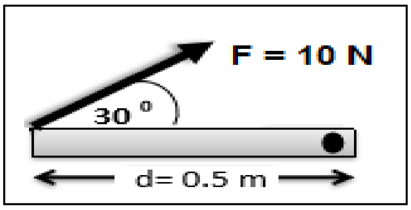
$\tau = -\ 2.5\ N.M$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}\ \sin\theta$

$\tau = (10)\ (0.5)\ \sin(30)$

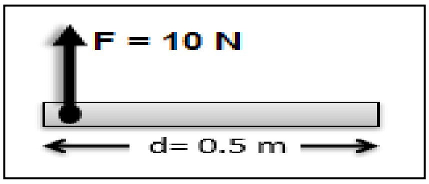
$\tau = +\ 2.5\ N.M$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}\ \sin\theta$

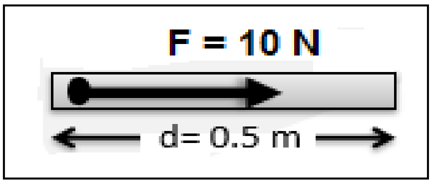
$\tau = (10)\ (0.5)\ \sin(30)$

$\tau = -\ 2.5\ N.M$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}$

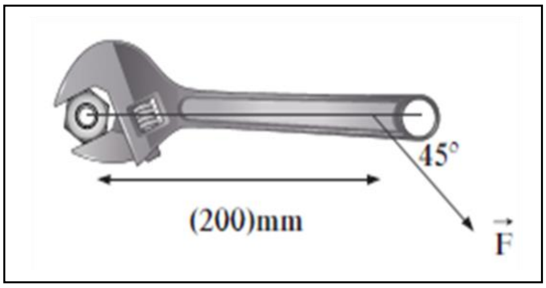
$\tau = ZERO$



$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}$

$\tau = ZERO$

مثال $\frac{2}{57}$: أحسب مقدار عزم القوة التي تبذلها يدك علي مفك ربط , علما أن طول ذراع القوة يساوي 200 mm و مقدار القوة يساوي 100 N و الزاوية بين القوة و ذراعها 45^0 .



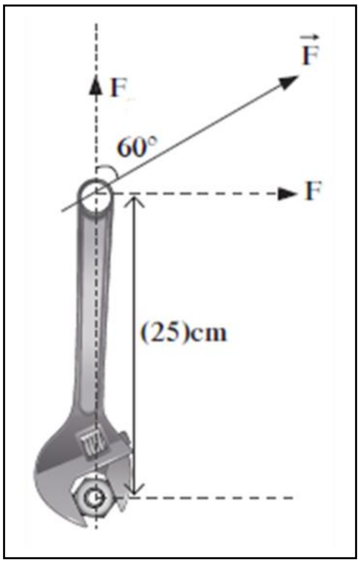
F = 100 N
d = 200 mm
$\theta = 45^0$
τ = ?

$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d} \sin\theta$

$\tau = (100)\ \frac{200}{1000} \sin(45)$

τ = 14.14 N.M

مثال $\frac{4}{57}$: تحتاج صامولة الي عزم قوة مقداره 40 N.m باستخدام مفك ربط طوله 25 cm , أحسب مقدار القوة اللازمة لتثبيت الصامولة .



d = 25 cm
τ = 40 N.M
$\theta = 60^0$
F = ?

$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d} \sin\theta$

$40 = F\ \frac{25}{100} \sin(60)$

F = 184.75 N

مثال $\frac{4}{88}$: أحسب عزم قوة الدوران الناتج عن قوة عمودية مقدارها 20 N عند نهاية مفتاح ربط طوله 0.2 m .

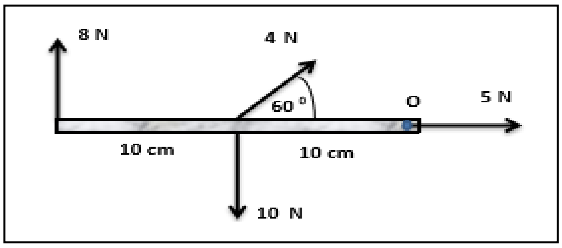
τ = ?
F = 50 N
d = 0.2 M
$\theta = 90^0$

$\vec{\tau} = \vec{F}\ \vec{d}$

$\tau = (50)\ (0.2)$

τ = 10 N.M

مثال : ساق منتظمة و متجانسة وزنها 10 N و طولها 20 cm , أحسب محصلة العزوم المؤثرة علي الساق بالنسبة لمحور الدوران O .



τ_1 = zero لان القوة تمر بمحور الدوران

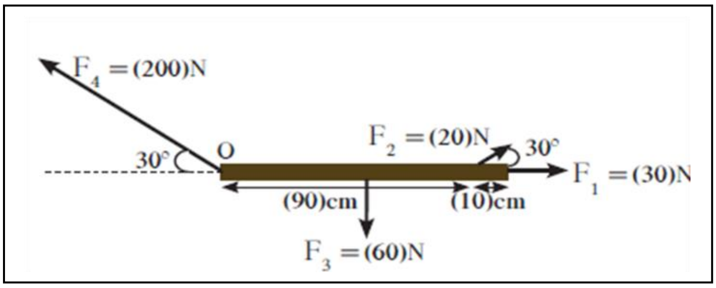
$$\tau_2 = \vec{F}\ \vec{d}\sin\theta = (4)\frac{10}{100}\sin(60) = -\ 0.34\ N.M$$

$$\tau_3 = \vec{F}\ \vec{d} = (10)\frac{10}{100} = +\ 1\ N.M$$

$$\tau_4 = \vec{F}\ \vec{d} = (8)\frac{20}{100} = -\ 1.6\ N.M$$

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$$
$$\tau_T = zero - 0.34 + 1 - 1.6 = -0.94\ N.m$$

مثال $\frac{1}{52}$: يوضح الشكل ساق متجانس طولها 100 cm وزنها 60 N تؤثر فيها ثلاث قوى , أحسب : 1- مقدار عزم القوة لكل من القوى الأربع و حدد اتجاها حول محور الدوران O .
2- محصلة العزوم علي الساق الناتج عن الاربع قوى .



τ_1 = zero

لان خط عمل القوة يمر بمحور الدوران

$$\tau_2 = \vec{F}\ \vec{d}\sin\theta$$
$$\tau_2 = (20)\frac{90}{100}\sin(30) = +\ 9\ N.M$$

$$\tau_3 = \vec{F}\ \vec{d} = (60)\frac{50}{100} = -\ 30\ N.M$$

τ_4 = zero

لان القوة تمر بمحور الدوران

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4$$
$$\tau_T = zero + 9 - 30 + zero$$
$$\tau_T = -\ 21\ N.M$$

العزوم المتزنة :

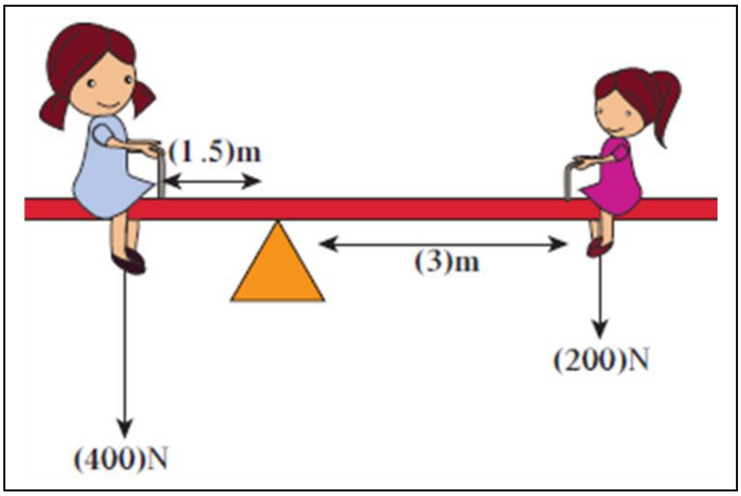
لتحقيق الاتزان الدوراني يجب ان يكون محصلة جمع العزوم تساوي صفر

$$\Sigma \tau = zero$$

-أي ان

المجموع الجبري للعزوم مع عقارب الساعة = المجموع الجبري للعزوم عكس اتجاه عقارب الساعة

$$\Sigma \tau_{a.c.w} = \Sigma \tau_{c.w}$$

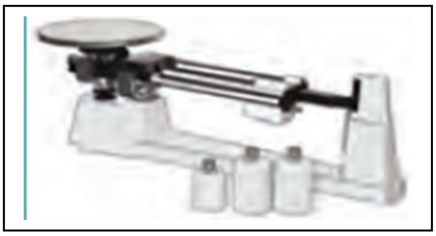


عكس عقارب الساعة $\tau_{a.c.w}$	مع عقارب الساعة $\tau_{c.w}$
F X d 400 x 1.5	F X d 200 x 3
+ 600 N.M	- 600 N.M

$$\Sigma \tau = zero$$

ملاحظات

1- يتزن الاطفال علي الارجوحة برغم من عدم تساوي اوزانهم وذلك لان الوزن لا يسبب الدوران بل يسببه العزم , و عزم الطفلين متساوي ولكن بعكس الاتجاه , لذلك مجموع العزوم يساوي صفر .

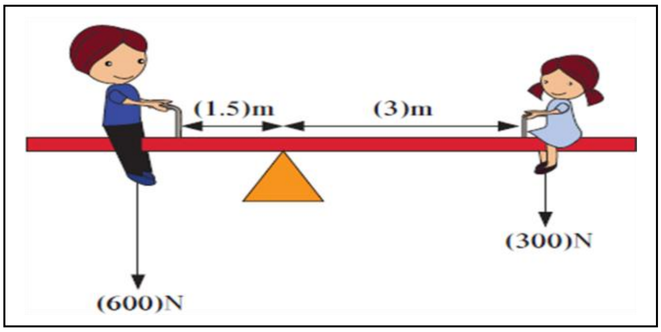


2- يعتمد اتزان الميزان الذي يعمل بالأوزان المنزلقة علي اتزان العزوم وليس اتزان الاوزان.

3- لاتزان جسم مادي لابد من توافر شرطين

$$\Sigma \tau = zero \;,, \; \Sigma F = zero$$

مثال $\frac{5}{57}$: أ- أحسب مقدار عزم القوة لكل من وزني الفتاه و الولد الجالسين علي اللوح المتأرجح بأهمال وزن اللوح ,
ب



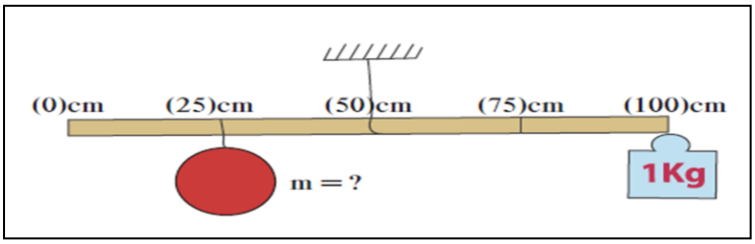
$$\tau_1 = F_1 d_1 = (600)(1.5) = +900 \text{ N.M}$$
$$\tau_2 = F_2 d_2 = (300)(3) = -900 \text{ N.M}$$

ب- أحسب المسافة التي تفصل الفتاه عن محور ارتكاز اللوح عندما يساوي وزن الفتاه 400 N و النظام في حالة اتزان .

$$\Sigma \tau = \text{zero}$$

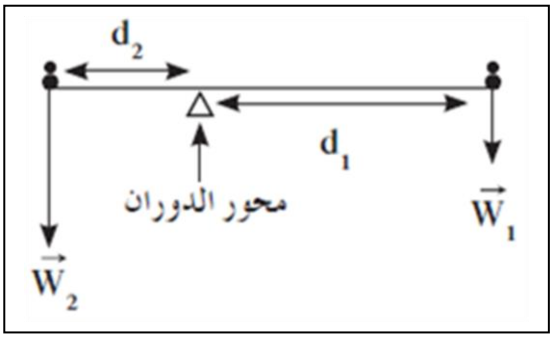
$$\tau_1 = \tau_2$$
$$(600)(1.5) = 400 d_2$$
$$d = 2.25 \text{ M}$$

مثال $\frac{3}{57}$: الشكل يمثل مسطرة متجانسة , ما هي كتلة الصخرة m علما أن النظام في حالة اتزان .



$$\tau_1 = \tau_2$$
$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$
$$m_1 g d_1 = m_2 g d_2$$
$$m_1 d_1 = m_2 d_2$$
$$m_1 (25) = (1)(50)$$
$$m_1 = 2 \text{ Kg}$$

مثال $\frac{2}{54}$: يجلس طفلان وزن أحدهما 300N و الاخر 450 N علي طرفي أرجوحة طولها 3 M كما بالشكل , حدد موقع محور الدوران الذي يجعل النظام في حالة اتزان دوراني

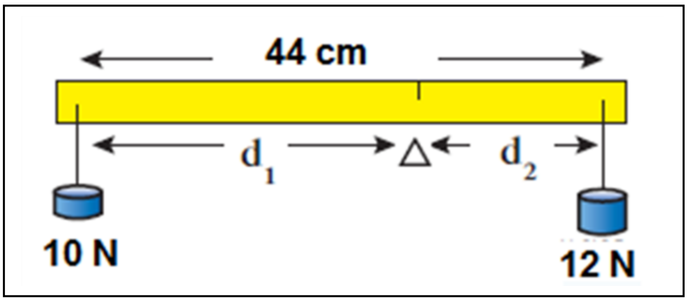


$$d_1 + d_2 = 3\ m$$
$$d_2 = 3 - d_1$$

$$\tau_1 = \tau_2$$
$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$
$$300\ d_1 = 450\ d_2$$
$$300\ d_1 = 450\ (3 - d_1)$$

$$d_1 = 1.8\ m$$
$$d_2 = 3 - d_1 = 3 - 1.8$$
$$d_2 = 1.2\ m$$

مثال : *مسطرة يمكن اهمال وزنها طولها* 44 cm تعلق في احد طرفيها وزن مقداره 12 N وفي الطرف الاخر وزن مقداره 10 N حدد موقع محور الدوران بالنسبة الي احدهما والذي يجعل النظام ففي حالة اتزان دوراني .



$$d_1 + d_2 = 44\ cm$$
$$d_2 = 44 - d_1$$

$$\tau_1 = \tau_2$$
$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$
$$10\ d_1 = 12\ d_2$$
$$10\ d_1 = 12\ (44 - d_1)$$

$$d_1 = 24\ cm$$
$$d_2 = 44 - d_1 = 44 - 24$$
$$d_2 = 20\ cm$$

عزم القوة ومركز الثقل :

مركز ثقل الجسم الصلب :

هو موقع محور الدوران الذي تكون محصلة عزوم قوى الجاذبية المؤثرة في الجسم الصلب حوله تساوي صفر .

ملاحظات

1- اذا كان موضع مركز الثقل داخل المساحة الحاملة للجسم فأن الجسم يتزن و تكون محصلة العزوم تساوي صفر .

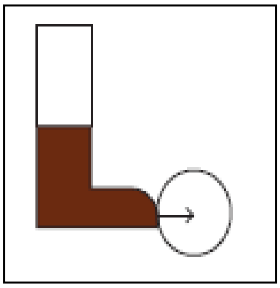
2- اذا كان مركز الثقل خارج المساحة الحاملة للجسم يصبح هناك عزم للقوة يسبب انقلاب

تطبيقات علي عزم القوة و مركز الثقل :

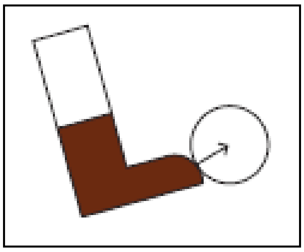
- اذا حاولت ان تلمس قدميك وانت واقف و ظهرك وكعبا قدميك ملاصقان للحائط .

سوف ينتج عزم للقوة لان مركز ثقلك اصبح خارج المساحة الحاملة و بالتالي تنقلب و تفقد اتزانك

- عند ركل كرة فأنه يحدث احتمال من اثنين :



1- اذا كان خط عمل القوة يمر بمركز ثقل الكرة فان الكرة تتحرك دون ان تدور حول مركز ثقلها

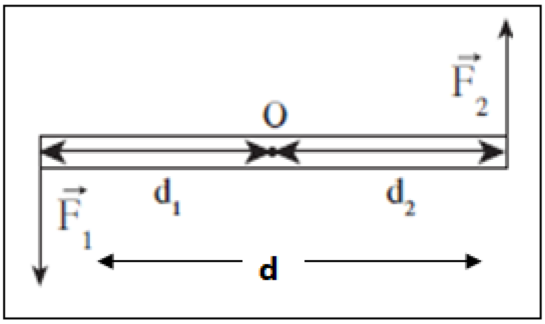


2- اذا كان خط عمل القوة لا يمر بمركز الثقل فأن الكرة ستتحرك و كذلك ستدور حول مركز ثقلها بفعل عزم القوة الناتج .

الازدواج :

- قوتين متساويتيين في المقدار و متوازيتيين و تعملان في اتجاهين متضادين و ليس لهما خط عمل واحد .

يمكن استنتاج قانون لحساب عزم الازدواج كما يلي



$$\tau_1 = F_1 d_1$$

$$\tau_2 = F_2 d_2$$

$$\tau_t = \tau_1 + \tau_2 = C$$

$$C = F_1 d_1 + F_2 d_2$$

وبما ان القوتين متساويتين

$$C = F (d_1 + d_2)$$

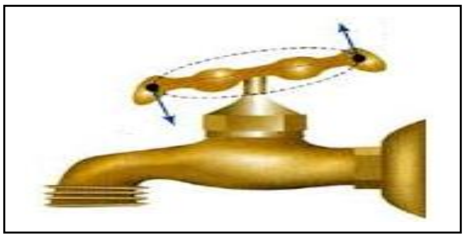
$$C = F \ d$$

C	*عزم الأزدواج*	=====>	N.m
F	*مركبة القوة العمودية*	=====>	N
d	*المسافةالعمودية بين القوتين*	=====>	m

وبالتالي يمكن ايجاد صيغة تعريف جديدة لعزم الازدواج طبقا للقانون السابق كما يلي :

عزم الازدواج :

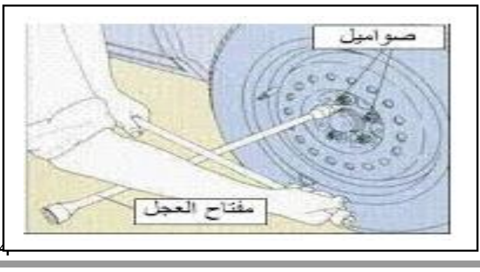
- حاصل ضرب مقدار أحدي القوتيين بالمسافة العمودية بينهما .



تطبيقات على عزم الازدواج :

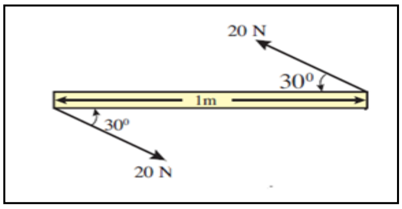
1- عند فتح الصنبور فاننا نؤثر باصبعين في مقبض الصنبور مما يشكل ازدواج و يسبب دوران الصنبور

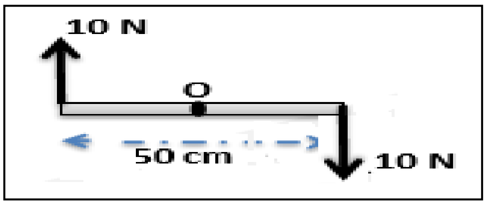
2- عندما تقود دراجتك علي المنعطف فانك تبذل بيدك قوتين يشكلان ازدواج يؤدي الي التفاف الدراجة.



3- عندما يستخدم الميكانيكي المفتاح الربعي لفك صواميل اطار السيارة فأنه يستخدم يديه ليشكل ازدواج ليسهل فك الصواميل .

مثال : أحسب عزم الأزدواج في الحالات التالية :



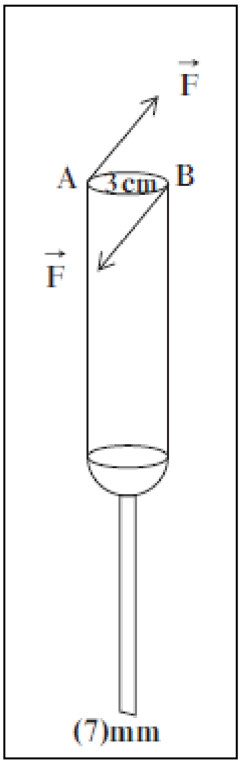


$$C = F\ d\ \sin\theta$$
$$C = (20)\ (1)\ \sin(30)$$
$$C = 10\ N.M$$

$$C = F\ d$$
$$C = (10)\ \frac{50}{100}$$
$$C = 5\ N.M$$

مثال $\frac{3}{56}$: مفك قطر مقبضه 3 cm و عرض رأسه الذي يدخل في البرغي 7 mm أستخدم لتثبيت برغي بواسطة اليد بقوتين متساويتين N 49 و متعاكستين في الاتجاه أحسب : 1- عزم الازدواج المؤثر علي مقبض المفك

2- القوة التي تؤدي الي دوران البرغي .



$F_1 = F_2 = 49\ N$

$d = 3\ cm$

عند المقبض

$$C = F\ d$$
$$C = (49)\ \frac{3}{100} = 1.47\ N.M$$

عند البرغي

$$C = F\ d$$
$$1.47 = F\ \frac{7}{1000}$$
$$F = 210\ N$$

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

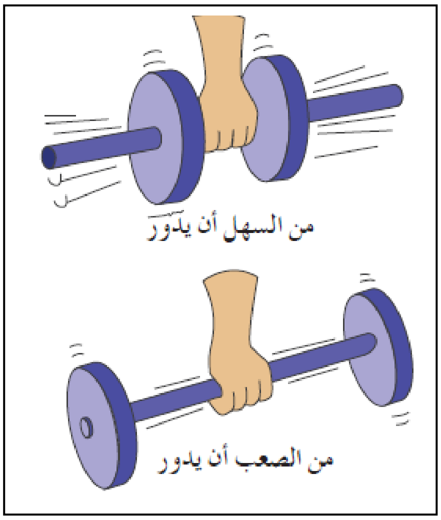
الدرس 2-2: القصور الذاتي الدوراني

القصور الذاتي الدوراني (I)

مقاومة الجسم لتغير حركته الدورانية .

- تميل الأجسام التي تدور الي الاستمرار في الدوران و تميل الاجسام الساكنة الي البقاء ساكنة .
- يحتاج الجسم الي قوة لتغير حالته الخطية (سكون أو حركة في خط مستقيم) , ويحتاج الجسم عوم القوة لتغير الحالة الدورانية للجسم .

العوامل التي تؤثر في القصور الذاتي الدوراني :



1- موضع محور الدوران بالنسبة للجسم

- كلما زادت المسافة بين كتلة الجسم و محور الدوران يزداد القصور الذاتي الدوراني

2- شكل الجسم و توزع كتلته

- يختلف مقدار القصور الذاتي اذا كان الجسم أجوف او مصمت
- يختلف مقدار القصور الذاتي باختلاف طريقة توزيع كتلة الجسم حول محور الدوران

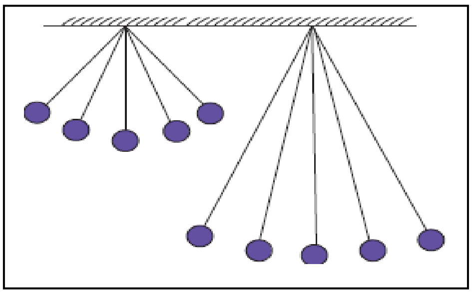
3- مقدار كتلة الجسم .

- بزيادة كتلة الجسم يزداد القصور الذاتي الدوراني .

ملاحظات :

1- مضرب كرة البيسبول ذي الذراع الطويل له قصور ذاتي دوراني أكبر من المضرب ذو اليد القصيرة .
بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران .

- المضرب الطويل عندما يتحرك يكون له ميل اكثر للحركة عن القصير.
- المضرب الطويل يكون من الصعب زيادة سرعته بسبب قصوره الذاتي الدوراني الكبير . لذلك لا يميل الي التأرجح بسرعة .
- المضرب القصير له قصور ذاتي دوراني قليل لكن استعماله اسهل لانه من الممكن التحكم فيه بامساكه بقوة .

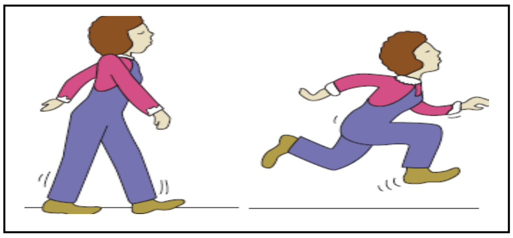


2- البندول البسيط الطويل له قصور ذاتي دوراني أكبر من البندول القصير
بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران

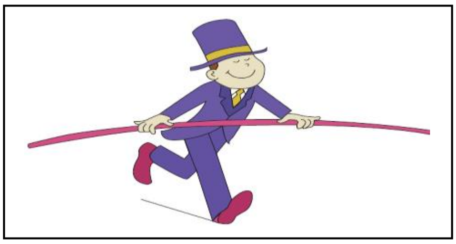
- لذلك يميل البندول القصير الي التحرك الي الامام والخلف أكثر من البندول الطويل.

3- الحيوانات ذات القوائم (الأرجل) الطويلة لها قصور ذاتي دوراني أكبر من الحيوانات ذات القوائم القصيرة
بسبب زيادة المسافة بين الجسم و محور الدوران
- لذلك الحيوانات ذات الرجل الطويلة تتحرك بسرعة أقل من الحيوانات ذات الأرجل القصيرة

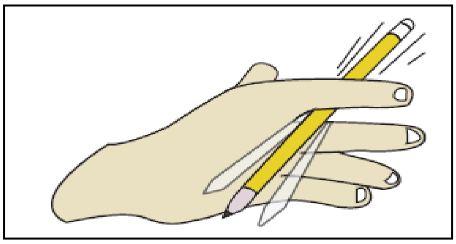
4- عند هز قدميك وهي ممدودة و عند هز قدميك عند ثني الساق.
- نجد أن تحريك الساق أسهل في حالة ثنيها لان قصورها الذاتي الدوراني يقل وذلك بسبب اختلاف توزيع الكتلة حول محور الدوران .



5- عند الجري نميل الي ثني الركبة لتقليل القصور الذاتي الدوراني ويسهل الجري .



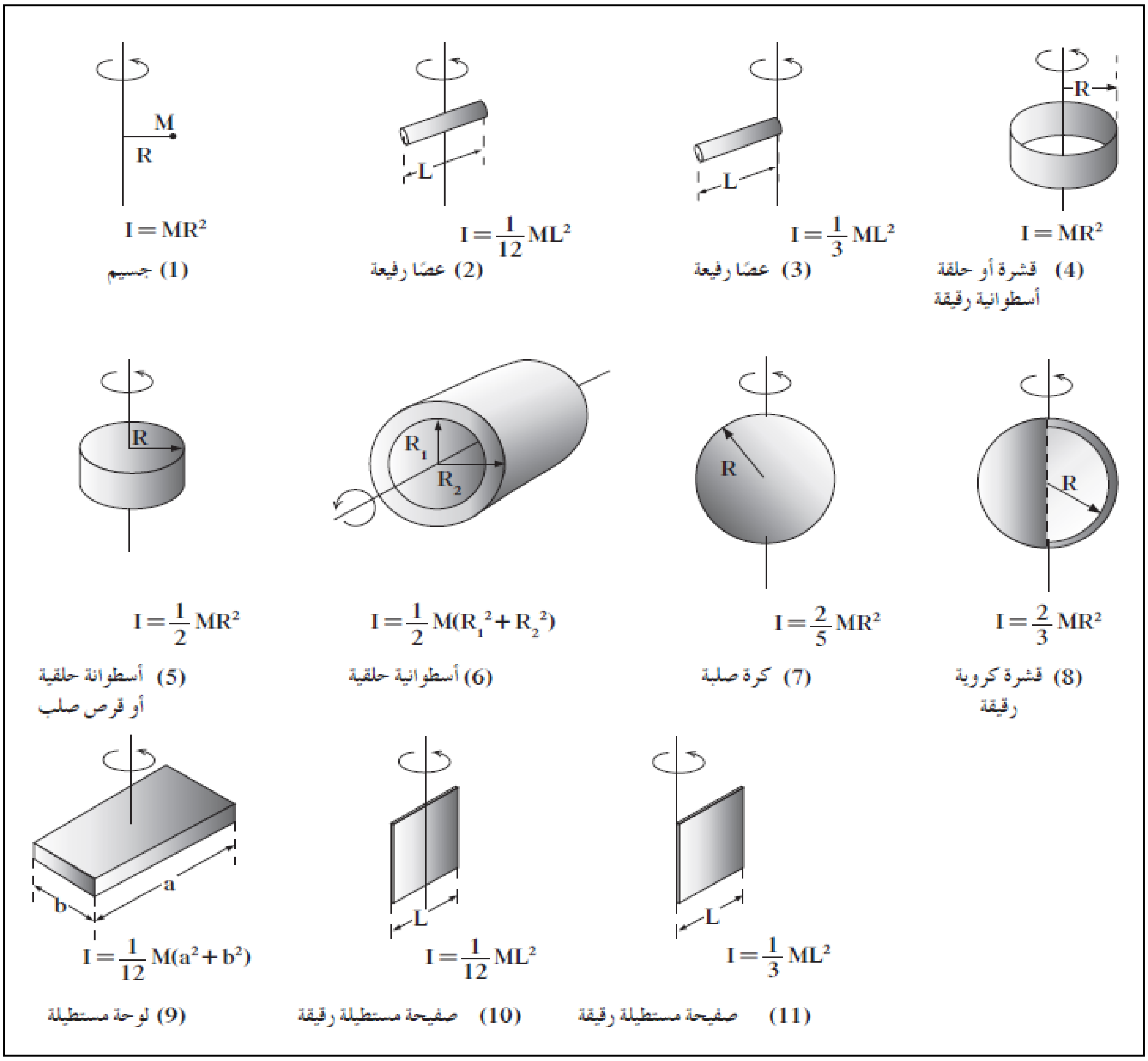
6- يمسك البهلوان عصا او يمد يده ليزيد من قصوره الذاتي الدوراني مما يساعده علي مقاومة الدوران ليحظي بوقت أطول للحفاظ علي اتزانه .



7- عند ارجحة القلم من منتصفه يكون أسهل لان قصوره الذاتي الدوراني يكون أقل من ارجحته من الطرف , لان قصوره الذاتي الدوراني يكون أقل عند ارجحته من المنتصف .

قوانين القصور الذاتي الدوراني:

يختلف قانون حساب القصور الذاتي الدوراني طبقا لأختلاف موضع محور الدوران , أو شكل الجسم وتوزع كتلته , أو كتلة الجسم .



ملاحظات :

1- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف توزيع الكتلة (جسم أجوف او مصمت) شكل (7,8) (4,5)

2- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف موضع محور الدوران شكل (2,3) (11 , 10)

3- يختلف مقدار القصور الذاتي الدوراني باختلاف شكل الجسم (1,2,5,7)

4- بالنسبة للكتلة النقطية , اذا مر محور الدوران بالكتلة يكون

$I = zero$

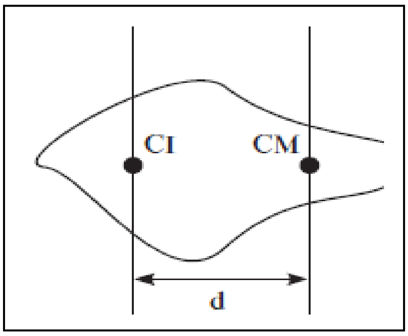
حساب القصور الذاتي الدوراني :

- عندما يمر محور الدوران بمركز ثقل الجسم يكون $I = I_0$
و يختلف قانون حساب I_0 حسب شكل الجسم كما هو موضح بالجدول السابق للأشكال الهندسية المختلفة .

- لكن اذا كان محور الدوران يبعد عن مركز ثقل الجسم بمقدار d يستخدم نظرية المحور الموازي لحساب القصور الذاتي الدوراني .

نظرية المحور الموازي :

تسمح لنا النظرية بحساب القصور الذاتي الدوراني للجسم عندما يدور حول أي محور مواز لمحور دورانه الأصلي . ويبعد عنه مسافة d



$$I = I_0 + md^2$$

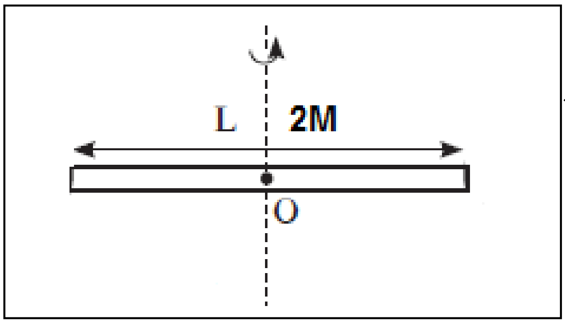
I	القصور الذاتي الدوراني عند المحور الأصلي	=====>	$kg.m^2$
I_0	القصور الذاتي الدوراني عند المحور الموازي	=====>	$kg.m^2$
m	كتلة الجسم	=====>	kg
d	المسافة الفاصلة بين المحورين	=====>	m

مثال $\frac{2}{65}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لأسطوانه مصمته كتلتها 3 kg و قطرها 20 cm و تتدحرج علي منحدر , $I = \frac{1}{2}MR^2$

m = 3 kg
2R= 20 cm
I = ?

$I = \frac{1}{2}MR^2 = \frac{1}{2}(3)(\frac{10}{100})^2$
$I = 0.015\ kg.m^2$

مثال :ساق منتظمة المقطع كتلتها 2kg وطولها 2m تدور حول نقطة O في منتصفها , اذا علمت ان القصور الذاتي الدوراني يحسب بالعلاقة $I = \frac{1}{12}ML^2$



أحسب :
1- القصور الذاتي الدوراني للعصاه .

$I = \frac{1}{12}ML^2 = \frac{1}{12}(2)(2)^2$
$I = \frac{8}{12}\ Kg.m^2$

2- احسب القصور الذاتي الدوراني عندما يكون محور الدوران يبعد عن النقطة O مسافة 0.3 M .

$I = I_0 + md^2$
$I = \frac{8}{12} + (2)(0.3)^2$
$I = 0.846\ Kg.m^2$

3- أحسب القصور الذاتي الدوراني اذا كان محور الدوران عند طرف العصا .

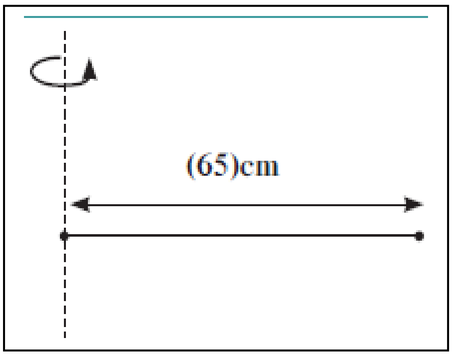
$I = I_0 + md^2$
$I = \frac{8}{12} + (2)(1)^2$
$I = 2.66\ Kg.m^2$

مثال $\frac{4}{65}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لعصا طولها 65 cm و كتلتها مهملة تنتهي بكتلتين متساويتين مقدار كلا منهما 0.3 kg و تدور حول أحد طرفيها كما بالشكل , علما أن $I = MR^2$

$m_1 = m_2 = 0.3$ kg

$I = MR^2$

$I_{system} = ?$

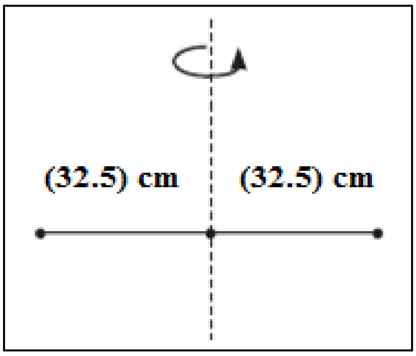


أ- اذا كان محور الدوران عند طرف العصا :

يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للكتلة النقطية الموجودة عند محور الدوران , و بما أن العصا مهملة الكتلة يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للعصا وبالتالي يصبح القصور الذاتي الكلي للنظام هو القصور الذاتي للكتلة البعيدة عن محور الدوران .

$$I_{كرة} = I_0 = MR^2 = (0.3)\left(\frac{65}{100}\right)^2 = 0.13 \text{ Kg.m}^2$$

ب- أحسب القصور الذاتي الدوراني للعصا عندما تدور حول مركز كتلتها



ب – اذا اصبح محور الدوران عند مركز كتلة العصا (منتصف العصا) , يتلاشي القصور الذاتي الدوراني للعصا لانها مهملة الكتلة , و يصبح القصور الذاتي الدوراني الكلي للنظام هو القصوزر الذاتي للكتلتين النقطيتيين علي طرفي العصا .

$$I_{system} = I_{1كتلة} + I_{2كتلة} = 2\, I_{كتلة}$$

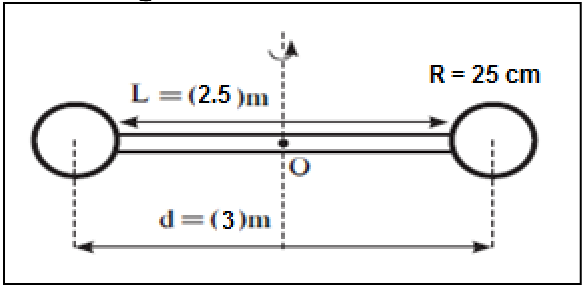
وذلك لان الكتلتين متماثلتين .

$$I_{system} = 2\,[\,MR^2\,]$$

$$I_{system} = 2\left[(0.3)\left(\frac{32.5}{100}\right)^2\right] = 0.063 \text{ Kg.m}^2$$

مثال : أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 25 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها 2.5 m , والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين 3 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$I_{قشرة} = \frac{2}{3} mr^2$　　　　$I_{عصا} = \frac{1}{12} mL^2$



$I_{system} = I_{ساق} + 2\, I_{قشرة}$

$I_{ساق} = I_0$

$I_{ساق} = \frac{1}{12} ML^2$

$I_{ساق} = [\, \frac{1}{12} (2)\, (2.5)^2 \,] = 1.04 \ Kg.m^2$

$I_{قشرة} = I_0 + md^2$

$I_{قشرة} = \frac{2}{3} mR^2 + md^2$

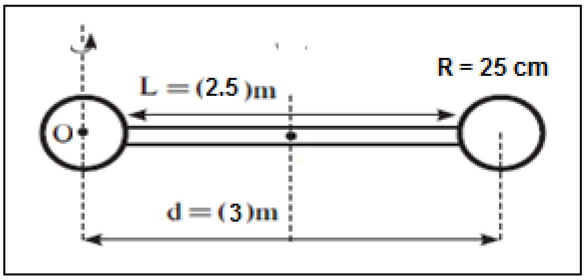
$I_{قشرة} = [\, \frac{2}{3} (5)\, (0.25)^2 \,] + [(5)(1.5)^2] = 11.45 \ kg.m^2$

$I_{system} = I_{ساق} + 2\, I_{قشرة}$

$I_{system} = 1.04 + [\, (2)\, (11.45) \,] = 23.94 \ kg.m^2$

مثال : أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من قشرتين متماثلتين رقيقتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 25 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها 2.5 m , والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين 3 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بمركز أحدي القشرتين , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$I_{\text{قشرة}} = \frac{2}{3} mr^2$ $\qquad$ $I_{\text{عصا}} = \frac{1}{12} mL^2$



$I_{system} = I_{1\text{قشرة}} + I_{2\text{قشرة}} + I_{\text{ساق}}$

$I_{1\text{ قشرة}} = I_0 = \frac{2}{3} mR^2 = \frac{2}{3} (5)\ (0.25)^2 = 0.208\ kg.m^2$

$I_{2\text{ قشرة}} = I_0 + md^2$

$I_{2\text{ قشرة}} = \frac{2}{3} mR^2 + md^2$

$I_{2\text{ قشرة}} = [\ 0.208\ ] + [(5)(3)^2] = 45.208\ kg.m^2$

$I_{\text{ساق}} = I_0 + md^2$

$I_{\text{ساق}} = \frac{1}{12} ML^2 + md^2$

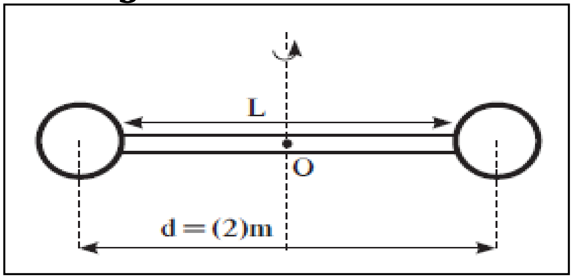
$I_{\text{ساق}} = [\ \frac{1}{12} (2)\ (2.5)^2\ ] + [\ (2)\ (1.5)^2\ ] = 12.833\ Kg.m^2$

$I_{system} = I_{1\text{ قشرة}} + I_{2\text{ قشرة}} + I_{\text{ساق}}$

$I_{system} = 0.208 + 45.208 + 12.833 = 58.249\ kg.m^2$

مثال $\frac{1}{63}$: أحسب القصور الذاتي الدوراني لنظام مؤلف من كرتين من الحديد كتلة الواحدة منهما 5 Kg و نصف قطرها 5 cm مثبتتين علي طرف عصا كتلتها 2 kg و طولها L , والمسافة بين مركزي كتلة الكرتين 2 M , يدور النظام حول محور عمودي يمر بنقطة الوسط للعصا , علما بأن مقدار القصور الذاتي الدوراني لكل من الاجسام الثلاثة حول محور يمر بمركز ثقلها يساوي :

$I_{كرة} = \frac{2}{5} mr^2$ $\quad$ $I_{عصا} = \frac{1}{12} mL^2$



$m_1 = m_2 = 5\ kg$
$R_1 = R_2 = 5\ cm = 0.05\ m$
$m_{عصا} = 2\ kg$
$d = 2\ m$
$I_{system} = ?$

$I_{system} = I_{1كرة} + I_{2كرة} + I_{عصا}$
$I_{system} = 2\ I_{كرة} + I_{عصا}$

$L = 2 – 0.05 – 0.05 = 1.9\ M$
$I_{عصا} = \frac{1}{12} ML^2 = \frac{1}{12} (2)\ (1.9)^2 = 0.6\ Kg.m^2$

$I_{كرة} = I_0 + md^2$
$I_{كرة} = \frac{2}{5} mR^2 + md^2$
$I_{كرة} = [\ \frac{2}{5} (5)(0.05)^2] + [(5)(1)^2] = 5.005\ kg.m^2$

$I_{system} = 2\ I_{كرة} + I_{عصا}$
$I_{system} = [\ 2\ (5.005)\ ] + 0.6 = 10.6\ kg.m^2$

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الثاني : ميكانيكا الدوران

الدرس 2 - 3 : ديناميكا الدوران

- سنقوم في هذا الدرس بتحويل جميع المعادلات التي سبق دراستها في الاعوام السابقة من الحركة الخطية لتتناسب مع الحركة الدائرية .

- لكي تتم عملية التحويل سنقوم بعمل مقارنة دائمة بين الحركة الخطية و التي سبق دراستها مع الحركة الدائرية .

- و سيتم تحويل الكميات التالية من الكمية الخطية الي ما يمثلها في الحركة الدورانية و ذلك كما يلي :

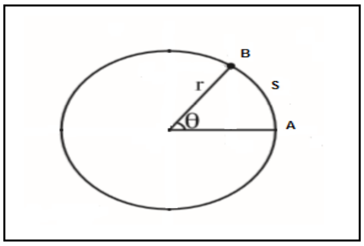
حركة في خط مستقيم		⟺		الحركة الدورانية
ازاحة خطية	S	⟺	θ	ازاحة زاوية
سرعة خطية	V	⟺	ω	سرعة زاوية
عجلة خطية	a	⟺	θ''	عجلة زاوية
قوة	F	⟺	τ	عزم قوة
كتلة	m	⟺	I	القصور الذاتي الدوراني

- و سنبدأ في تحويل قوانين الحركة الخطية بالتتابع كما يلي :

الحركة منتظمة السرعة :

- سيتم عرض الفروق بين الحركتين علي صورة مقارنة كما يلي :

الحركة الخطية المنتظمة	الحركة الدورانية المنتظمة
- يقطع الجسم مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية .	- يقطع الجسم أقواسا متساوية خلال أزمنة متساوية .
- تكون السرعة الخطية ثابتة المقدار و الاتجاه.	- السرعة الزاوية ثابتة المقدار .
- ازاحة الجسم في الخط المستقيم تسمي أزاحة خطية S	- أزاحة الجسم في الحركة الدورانية تسمي θ أزاحة زاوية .



العلاقة بين الازاحة الخطية و الازاحة الزاوية :

$$S = \theta\, r$$

θ الأزاحة الزاوية ====> Rad راديان

S الأزاحة ====> M متر

r نصف القطر ====> M متر

ملاحظات :

1- اذا دار الجسم دورة واحدة كاملة يمكن حساب ازاحته كما يلي :

$$\theta = 2\pi$$

2- اذا دارا لجسم عدة دورات N يمكن حساب ازاحنه كما يلي :

$$\theta = N\, 2\pi$$

N عدد الدورات ====> ليس لها وحدة

الحركة الدورانية المنتظمة

- هي حركة الجسم حين يقطع الجسم علي محيط دائرة أقواسا متساوية في ازمنة متساوية.
- حركة الجسم حين يمسح نصف القطر زوايا متساوية في أزمنة متساوية .

الحركة الخطية المنتظمة	الحركة الدورانية المنتظمة
$V = \frac{S}{t}$	$\omega = \frac{\theta}{t}$
V السرعة الخطية ====> m/s متر / ثانية	ω السرعة الزاوية ====> Rad/s راديان / ثانية
S الأزاحة ====> m متر	θ الأزاحة الزاوية ====> Rad راديان
t الزمن ====> S ثانية	t الزمن ====> S ثانية

العلاقة بين السرعة الخطية و السرعة الزاوية :

$$V = \omega r$$

الحركة الخطية المنتظمة	الحركة الدورانية المنتظمة
1- السرعة الخطية ثابتة المقدار و متغيرة الاتجاه عند جميع النقاط.	**1- السرعة الخطية ثابتة المقدار و متغيرة الاتجاه .**
2- العجلة الخطية تساوي صفر لان السرعة الخطية ثابتة المقدار و الاتجاه .	**2- السرعة الزاوية ثابتة المقدار والاتجاه عند جميع النقاط**
	3- تنشأ العجلة الخطية a بسبب اختلاف اتجاه السرعة الخطية وليس بسبب اختلاف مقدارها و تكون في اتجاه المركز لذلك تسمي عجلة مركزية
	4- العجلة الزاوية تساوي صفر لان السرعة الزاوية ثابتة المقدار و الاتجاه .
	$\theta'' = \text{zero}$

- هناك قوانين أخري لحساب السرعة الزاوية (الدورانية):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

ω	السرعة الزاوية	====>	Rad/s	راديان / ثانية
f	التردد	====>	Rev/s	دورة/ثانية
T	الزمن الدوري	====>	Sec	ثانية

الحركة منتظمة العجلة :

- عندما تتغير سرعة الجسم (الخطية أو الدورانية) بصورة منتظمة تسمي الحركة بالحركة المعجلة بانتظام .

الحركة الخطية منتظمة العجلة	الحركة الدورانية منتظمة العجلة
- هي حركة الجسم عندما تتغير سرعته الخطية للجسم المتحرك في خط مستقيم بالنسبة للزمن تغيرا منتظما .	- هي حركة الجسم عندما تتغير السرعة الزاوية للجسم المتحرك حركة دورانية بالنسبة للزمن تغيرا منتظما.
$a = \frac{V}{t}$	$\theta'' = \frac{\omega}{t}$

العلاقة بين العجلة الخطية و العجلة الزاوية :

$$a = \theta'' r$$

راديان / ثانية^2	rad/s^2	====>	العجلة الزاوية	θ''
متر/ثانية	m/s	====>	العجلة الخطية	a
متر	m	====>	نصف القطر	r

تطبق قوانين الحركة المعجلة بانتظام :	تتحول القوانين الي الشكل التالي :
$v = v_0 + at$	$\omega = \omega_0 + \theta'' t$
$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$	$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$
$v^2 = v_0{}^2 + 2as$	$\omega^2 = \omega_0{}^2 + 2\theta''\theta$

راديان/ثانية^2	rad/s^2	====>	العجلة الزاوية	θ''
راديان/ثانية	rad/s	====>	السرعة الابتدائية	ω_0
راديان/ثانية	rad/s	====>	السرعة النهائية	ω
ثانية	s	====>	الزمن	t
راديان	rad	====>	الازاحة الزاوية	θ

مــلاحــظــات:

1- عندما يتحرك الجسم بعجلة زاوية منتظمة

θ'' = ثابت

2- اذا تحرك الجسم من السكون

ω_0= zero

3- اذا توقف الجسم عن الحركة

ω = zero

مثال : تدور الكتلة النقطية M من السكون في مدار نصف قطره 50 cm ,
و بعجلة زاوية منتظمة مقدارها $10\ rad/s^2$ أحسب كلا من :
1- السرعة الزاوية بعد مرور زمن 10 s

$\omega = \omega_0 + \theta'' t$

ω = zero + [(10) (10)]

ω = 100 rad/s

2- الأزاحة الزاوية للكتلة خلال 10 s .

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\ \theta'' t^2$

$\theta = zero + [\ \frac{1}{2}\ (10)\ (10)^2\ ]$

θ = 500 rad

3- عدد الدورات التي تدورها الكتلة خلال 10 s .

$\theta = N\ 2\pi$

$500 = N\ 2\pi$

N = 79.61 rev

مثال : تتحرك كتلة نقطية علي مسار دائري بسرعة زاوية مقدارها 10 rad/s
لتتوقف عن الحركة بعد مرور زمن 5s , أحسب :
1- العجلة الزاوية للكتلة النقطية .

$\omega = \omega_0 + \theta'' t$

$zero = 10 + [\theta''\ (5)\ ]$

$\theta'' = -2\ rad/s^2$

2- الازاحة الزاوية للكتلة خلال زمن 5s .

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\ \theta'' t^2$

$\theta = [\ (10)\ (5)\ ] + [\ \frac{1}{2}\ (-2)\ (5)^2\ ]$

θ = 25 rad

3- عدد الدورات التي تدورها الكتلة خلال نفس الفترة الزمنية .

$\theta = N\ 2\pi$

$25 = N\ 2\pi$

N = 3.97 rev

الجسم المصمت :

هو نظام من جزيئات تبعد عن بعضها بعضا مسافات متساوية , وهو ثابت الشكل لا يتغير بتأثير القوى الخارجية أو عزوم القوى , أي انه غير قابل للتشكيل أو التشويه .

- في الحركة الخطية لا نفرق بين كتلة نقطية و جسم مصمت لان حركة الجسم تمثل بحركة النقطة أو حركة مركز الثقل للجسم .

- في الحركة الدورانية شكل الجسم و طريقة توزيع كتلته بالنسبة لمحور الدوران له تأثير علي حركته.

مثلا نلاحظ ان زمن وصول أسطوانة مفرغة الي أسفل منحدر يختلف عن زمن وصول أسطوانة مصمتة لها نفس الكتلة و نصف القطر. وذلك بسبب اختلاف طريقة توزيع كتلة الجسم بالنسبة لمحور الدوران .

- بالتالي تطبيق معادلات الحركة الدورانية علي كتلة نقطية يختلف عن تطبيقها علي جسم مصمت , وذلك بسبب اختلاف القصور الذاتي الدوراني
لذلك الحركة الدورانية لجسم مصمت لا تتمثل في حركة مركز ثقله.

قوانين نيوتن:

تطبق القوانين الثلاث لنيوتن علي الحركة الدورانية كما يلي .

القانون الأول لنيوتن (للحركة الدورانية):

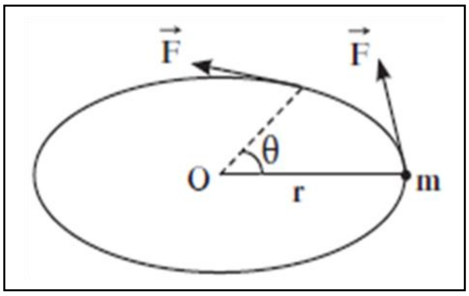
القانون الأول لنيوتن (للحركة الخطية)	القانون الأول لنيوتن (للحركة الدورانية)
يبقي الجسم الساكن ساكن و الجسم المتحرك يستمر في حركته الخطية المنتظمة ما لم تؤثر عليهما قوة خارجية	يبقي الجسم الساكن ساكن و الجسم المتحرك يستمر في حركته الدورانية المنتظمة ما لم تؤثر عليهما عزم قوة خارجية .

- لا يستطيع اطار السيارة ان يدير نفسه أو يوقف دورانه , الا عند التأثير عليه بعزم قوة خارجي.

القانون الثانى لنيوتن :

القانون الثاني لنيوتن (للحركة الخطية)	القانون الثاني لنيوتن (للحركة الدورانية)
محصلة القوة الخارجية المؤثرة في النظام تساوي حاصل ضرب العجلة الخطية في كتلة الجسم	محصلة عزوم القوى الخارجية المؤثرة في النظام حول محور دوران ثابت تساوي حاصل ضرب العجلة الدورانية و القصور الذاتي الدوراني حول محور الدوران نفسه .
$F = m\,a$	$\tau = I\ \theta''$

استنتاج القانون الثاني لنيوتين للحركة الدورانية :



$$F = m\,a$$

$$a = r\ \theta''$$

$$F = m\,r\,\theta''$$

بضرب طرفي المعادلة في r .

$$F\,r = m\,r^2\ \theta''$$

$$\tau = F\,r \quad ,,,,, \quad I = m\,r^2$$

$$\tau = I\ \theta''$$

عند التأثير علي الجسم بعزوم مختلفة يصبح القانون :

$$\Sigma\,\tau = I\ \theta''$$

θ''	العجلة الزاوية	====>	rad/s^2	رديان / ثانية^2
τ	عزم القوة	====>	N/m	نيوتن/متر
I	القصور الذاتي الدوراني	====>	$Kg.m^2$	كيلوجرام . متر^2

بالمقارنة بقانون نيوتن الثاني نجد أن عزم القوة محل القوة و القصور الذاتي الدوراني محل الكتلة و العجلة الزاوية محل العجلة الخطية .

مثال : عجلة مطحنة عبارة عن قرص كتلته (10)kg ونصف قطره (10)cm تدور بمعدل (1500)rev/m ، انزلقت بانتظام لتتوقف في زمن(10)s. علماً بأن عزم القصور الذاتي للعجلة يتعين من العلاقة $I = \frac{1}{2} m r^2$.

1- العجلة الزاوية التي تحرك بها القرص .

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \left(\frac{1500}{60}\right) = 50\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$zero = 50\pi + \theta'' (10)$$

$$\theta'' = -5\pi \text{ rad/s}^2$$

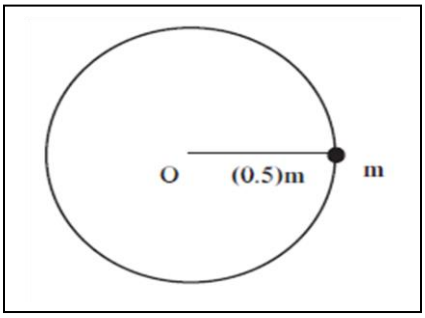
2- عزم القوة الذي اثر عليها .

$$I = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} (10)(0.1)^2 = 0.05 \text{ kg.m}^2$$

$$\tau = I\ \theta''$$

$$\tau = (0.05)(-5\pi) = -\frac{1}{4}\pi \text{ N.M}$$

مثال $\frac{1}{70}$: تدور كتلة نقطية كتلتها 2 kg حول محور ثابت يبعد عنها 50 cm بتأثير عزوم قوى خارجية ثابتة , بدأت الكتلة حركتها من سكون و أكتسبت سرعة بتردد مقداره 2 rev/s خلال 3.14 s . أحسب : 1- العجلة الزاوية 2- محصلة عزوم القوى الخارجية



$m = 2$ kg
$r = 0.5$ m
$\omega_0 = zero$
$f = 2$ rev/s
$t = 3.14$ s
$\theta'' = ?$
$\tau = ?$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi (2) = 4\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$

$$4\pi = zero + \theta'' (3.14)$$

$$\theta'' = 4 \text{ rad/s}^2$$

$$I = m r^2 = (2)(0.5)^2 = 0.5 \text{ kg.m}^2$$

$$\tau = I\ \theta''$$

$$\tau = (0.5)(4) = 2 \text{ N.M}$$

مثال $\frac{2}{71}$: يدور برغي حول محور يمر بمركز كتلته بتردد 3600 rev/s و أثر عليه عزم ازدواج ثابتا بعكس الاتجاه يؤدي الي توقفه بعد دقيقة واحدة , علما أن القصور الذاتي الدوراني له يساوي $0.2\ kg.m^2$. أحسب :

1- عزم الدوران الذي أدي الي توقفه 2- عدد الدورات التي أكملها البرغي حتي يتوقف

$f_0 = 3600$ rev/m
ω = zero
t = 60 s
I = $0.2\ kg.m^2$
$\theta'' = ?$
$\tau = ?$
$\theta = ?$
N = ?

$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi (\frac{3600}{60}) = 120\pi$ rad/s
$\omega = \omega_0 + \theta'' t$
zero = $120\pi + \theta''$ (3.14)
$\theta'' = -2\pi$ rad /s^2

$\tau = I\ \theta''$
$\tau = (0.2)(-2\pi) = -1.256$ N.M

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2$
$\theta = [(120\pi)(60)] + [\frac{1}{2}(-2\pi)(60)^2]$
$\theta = 3600\pi$ rad

$\theta = N\ 2\pi$
$3600\pi = N\ 2\pi$
N = 1800 دورة

مثال $\frac{2}{75}$: تدور عجلة قطرها 1.5 m و كتلتها 4 kg تحت تأثير عزم قوة مماسية مقدارها F = 6 N تنطلق العجلة من السكون , أحسب : 1- العجلة الزاوية

2- الأزاحة الزاوية خلال زمن 5s 3- عدد الدورات التي تكملها العجلة خلال زمن 5s

2r = 1.5 m
m = 4 kg
F = 6 N
ω_0 = zero
t = 5 s
$\theta'' = ?$
$\theta = ?$
N = ?

R = $\frac{1.5}{2}$ = 0.75 m
$\tau = F\ r = (6)(0.75) = 4.5$ N.M
$I = m\ r^2 = (4)(0.75) = 2.25\ kg.m^2$

$\tau = I\ \theta''$
$4.5 = (2.25)\ \theta''$

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2$
θ = [zero] + [$\frac{1}{2}(2)(5)^2$]
$\theta = 25$ rad
$\theta = N\ 2\pi$
$25 = N\ 2\pi$
N = 3.9 دورة

مثال $\frac{6}{88}$: تخضع أسطوانة الي عزم مقداره 50 N.m فتدور و لتصبح ازاحتها الزاوية 100 rad خلال 2 s و تقف بعد هذا الوقت الاسطوانه بفعل عزم قوة احتكاك و تستغرق 80 s حتي عودتها الي السكون أحسب : 1- القصور الذاتي الدوراني للاسطوانه
2- مقدار عزم قوى الاحتكاك

$\tau = 50$ N.M
$\theta = 100$ rad
$t = 2$ s
$\omega_0 =$ zero
$\theta'' = ?$
$I = ?$
$\omega =$ zero
$t = 80$ s
$\tau = ?$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\theta'' t^2$$
$$100 = [\text{ zero }] + [\tfrac{1}{2}\theta''(2)^2]$$
$$\theta'' = 50 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = I\,\theta''$$
$$50 = I\ 50$$
$$I = 1 \text{ kg.m}^2$$

$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$
$$\omega = \text{zero} + [(50)(2)]$$
$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$

عند الاحتكاك و عودة الأسطوانة للسكون :

ω الجزء الأول $=$ ω_0 الجزء الثاني

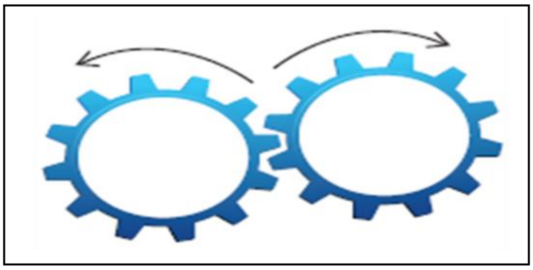
$$\omega = \omega_0 + \theta'' t$$
$$\text{zero} = 100 + [\theta''(80)]$$
$$\theta'' = -1.25 \text{ rad/s}^2$$

$$\tau = I\,\theta''$$
$$\tau = (1)(-1.25) = -1.25 \text{ N.M}$$

القانون الثالث لنيوتن :

القانون الثالث لنيوتن (للحركة الخطية)	القانون الثالث لنيوتن (للحركة الدورانية)
لكل فعل رد فعل مساوي له في المقدار و يعاكسه في الأتجاه	لكل عزم قوة عزم قوة مضاد له (يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه)

- نلاحظ ان تدوير عجلة مسننة في اتجاه معين يجعل عجلة مسننة أخري متداخلة معها تدور في الاتجاه المعاكس .



الشغل الناتج عن عزم قوة منتظمة :

الشغل (للحركة الخطية)	الشغل (للحركة الدورانية)
$W = F\,S$	$W = \tau\,\theta$

استنتاج قانون لحساب الشغل فى الحركة الدورانية :

$$W = F\,S$$

$S = \theta\,r$

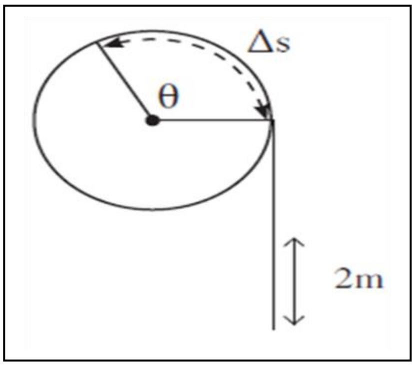
$$W = F\,.r\,\theta$$

$\tau = F\,r$

$$W = \tau\,\theta$$

جول	J	====>	الشغل	W
راديان	Rad	====>	الأزاحة الزاوية	θ
نيوتن.متر	N/M	====>	عزم القوة	τ

مثال $\frac{3}{73}$: حبل ملفوف حول قرص حديدي قطره 2 m و كتلته 5 kg , أحسب الشغل الناتج عن سحب الحبل بقوة ثابتة 50 N , لمسافة مترين الي الأسفل .



2R = 2 m
m = 5 Kg
W = ?
F = 50 N
S = 2 M

$R = \frac{2}{2} = 1$ M

$\tau = F\,R = (50)\,(1) = 50$ N.M

$S = \theta\,r$

$2 = \theta\,(1)$ ====> $\theta = 2$ rad

$W = \tau\,\theta$

$W = (50)\,(2) = 100$ J

الطاقة الحركية فى الحركة الدورانية :

الطاقة الحركية (للحركة الخطية)	الطاقة الحركية (للحركة الدورانية)
$K.E = \frac{1}{2}\, m\, v^2$	$K.E = \frac{1}{2}\, I\, \omega^2$

استنتاج قانون لحساب الطاقة الحركية في الحركة الدورانية :

$$K.E = \frac{1}{2}\, m\, v^2$$

$$V = \omega r$$

$$K.E = \frac{1}{2}\, m\, r^2\, \omega^2$$

$$I = m\, r^2$$

$$K.E = \frac{1}{2}\, I\, \omega^2$$

K.E	الطاقة الحركية	====>	J	جول
I	القصور الذاتي الدوراني	====>	$Kg\,.\,m^2$	كيلوجرام . متر^2
ω	السرعة الدورانية	====>	Rad/S	راديان/ثانية

مثال $\frac{1}{25}$ الهامش: أحسب الطاقة الحركية الدورانية لعصا كتلتها 500 g و طولها 50 cm تدور حول محور بسرعة دورانية 10 rad/s, حيث ($I = \frac{1}{12}\, m\, L^2$) .

m = 500 g
L = 50 cm
ω = 10 Rad/s
K.E = ?

$m = \frac{500}{1000} = 0.5\ kg$,, $L = \frac{50}{100} = 0.5\ M$

$I = \frac{1}{12} M\, L^2 = \frac{1}{12} (0.5)\, (0.5)^2 = \frac{1}{96}\ Kg.m^2$

$K.E = \frac{1}{2} I\, \omega^2 = \frac{1}{2} (\frac{1}{96})\, (10)^2 = 0.52\ J$

مثال - قرص مصمت كتلته 0.25 Kg و نصف قطره 10cm يدور حول محور عمودي يمر في مركزه بسرعة زاوية مقدارها 10 rad/s أحسب الطاقة الحركية الدورانية للقرص (علما بأن $I = \frac{1}{2} M\, r^2$)

m = 0.25 Kg
r = 10 cm
ω = 10 Rad/s
K.E = ?

$I = \frac{1}{2} M\, r^2 = \frac{1}{2} (0.25)\, (\frac{10}{100})^2 = \frac{1}{800}\ Kg.m^2$

$K.E = \frac{1}{2} I\, \omega^2 = \frac{1}{2} (\frac{1}{800})\, (10)^2 = 0.0625\ J$

مثال : كتلة نقطية كتلتها 0.1 kg و قصورها الذاتي الدوراني يساوي $10\ kg.m^2$ تتحرك بسرعة دورانية مقدارها 20 rad/s أثرت فيها عزم قوة مقدارها 10 N.M لمدة 5 s , أحسب كلا من :

1- العجلة الزاوية التي يتحرك بها الجسم :

$\tau = I\,\theta''$

$10 = 10\,\theta''$

$\theta'' = 1\ rad/s^2$

2- السرعة الزاوية النهائية للكتلة النقطية .

$\omega = \omega_0 + \theta'' t$

$\omega = 20 + [\,(1)\,(5)\,]$

$\omega = 25\ rad/s$

3- الازاحة الزاوية للكتلة .

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\,\theta'' t^2$

$\theta = [\,(20)(5)\,] + [\,\frac{1}{2}\,(1)\,(5)^2\,]$

$\theta = 112.5\ rad$

4- عدد الدورات التي تعملها الكتلة .

$\theta = N\,2\pi$

$112.5 = N\,2\pi$

N = 17.9 دورة

5- طاقة الحركة الابتدائية و النهائية للكتلة .

$K.E_1 = \frac{1}{2}\,I\,\omega^2 = \frac{1}{2}\,(10)\,(20)^2 = 2000\ J$

$K.E_2 = \frac{1}{2}\,I\,\omega^2 = \frac{1}{2}\,(10)\,(25)^2 = 3125\ J$

6- مقدار الشغل المبذول .

$W = \Delta K.E$

$W = K.E_2 - K.E_1 = 3125 - 2000$

$W = 1125\ J$

القدرة P :

هي المعدل الزمني لإنجاز شغل .

القدرة (للحركة الخطية)	القدرة (للحركة الدورانية)
P = F V	P = τ ω

استنتاج قانون لحساب القدرة في الحركة الدورانية :

$$P = \frac{dW}{dt}$$

$$W = \tau\,\theta$$

$$P = \frac{d\,\tau\,\theta}{d\,t} = \tau\,\frac{d\,\theta}{d\,t}$$

$$P = \tau\,\omega$$

الوات	Watt	====>	القدرة	K.E
نيوتن . متر	N.M	====>	عزم القوة	τ
راديان/ثانية	Rad/S	====>	السرعة الدورانية	ω

مثال $\frac{4}{74}$: قرص مصمت كتلته 1 kg و نصف قطره 50 cm , قصوره الذاتي الدوراني $I = \frac{1}{2}\,m\,R^2$, طبق عليه عزم قوة منتظم مقداره 5 N.M , يبدأ دورانه من السكون , أحسب القدرة التي يبذلها عزم القوة في ثانيتين .

m = 1 kg
R = 0.5 M
$I = \frac{1}{2}\,m\,R^2$
τ = 5 N.M
ω_0 = zero
t = 2 s
P = ?

$I = \frac{1}{2}\,m\,R^2$

$I = \frac{1}{2}\,(1)\,(0.5)^2 = 0.125\ Kg.m^2$

$\tau = I\,\theta''$

$5 = (0.125)\ \theta''$

$\theta'' = 40\ rad/s^2$

$\omega = \omega_0 + \theta'' t$

ω = zero + [(40) (2)]

ω = 80 rad /s

P = τ ω = (5) (80) = 400 watt

مثال : طبقت قوة ثابتة N(40) مماسياً على حافة قرص نصف قطره cm(20) وعزم القصور الذاتي له $(10)\ kg.m^2$. أوجد:

1- العجلة الزاوية للقرص.

$\tau = F\,r = (40)\,(0.2) = 8\ N.M$

$\tau = I\,\theta''$

$8 = (10)\,\theta''$ =====> $\theta'' = 0.8\ rad/s^2$

2- السرعة الزاوية بعد s(4) من السكون.

$\omega = \omega_0 + \theta'' t$

$\omega = zero + [\,(0.8)\,(4)\,]$

$\omega = 3.2\ rad/s$

3- الازاحة الزاوية التي عملها الجسم .

$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\,\theta'' t^2$

$\theta = [\,(zero\,] + [\,\frac{1}{2}\,(0.8)\,(4)^2\,]$

$\theta = 6.4\ rad$

4- عدد اللفات خلال هذه الفترة الزمنية.

$\theta = N\,2\pi$

$6.4 = N\,2\pi$

$N = 1.01$ دورة

5- الشغل المبذول خلال 4 sec.

$W = \tau\,\theta$

$W = (8)\,(6.4) = 51.2\ J$

6- طاقة الحركة النهائية للحركة .

$K.E_2 = \frac{1}{2}\,I\,\omega^2 = \frac{1}{2}\,(10)\,(3.2)^2 = 51.2\ J$

7- القدرة خلال 4sec .

$P = \tau\,\omega = (8)\,(3.2) = 25.6\ watt$

مثال $\frac{3}{75}$: تطلق صخرة كروية قطرها 30 cm صعودا علي منحدر يميل علي الأفق بزاوية 15^0 بسرعة زاوية مقدارها 40 rad/s , تتدحرج هذة الصخرة صعودا من دون أن تنزلق , أحسب الارتفاع الذي وصلت اليه هذة الصخرة عند توقفها , علما أن القصور الذاتي الدوراني للصخرة $I = \frac{2}{5} m R^2$.

$2R = 0.3$ M

$\omega_0 = 40$ rad/s

$I = \frac{2}{5} m R^2$

$h = ?$

$R = \frac{0.3}{2} = 0.15$ M

$$M.E_1 = M.E_2$$

$$K.E_1 + P.E_1 = K.E_2 + P.E_2$$

$$K.E_1 = P.E_2$$

$$\frac{1}{2} I \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$\frac{1}{2} \frac{2}{5} m R^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m \omega^2 R^2 = m g h$$

$$\frac{1}{5} R^2 \omega^2 + \frac{1}{2} \omega^2 R^2 = g h$$

$$\frac{1}{5} (0.15)^2 (40)^2 + \frac{1}{2} (40)^2 (0.15)^2 = (10) h$$

$$h = 2.25 \text{ M}$$

مماثلة قوانين الحركة الدورانية

السرعة	$V = \frac{S}{t}$	$\omega = \frac{\theta}{t}$
العلاقة بين السرعة الخطية و الزاوية	$V = \omega r$	
العجلة	$a = \frac{V}{t}$	$\theta'' = \frac{\omega}{t}$
العلاقة بين العجلة الخطية و الزاوية	$a = \theta'' r$	
قوانين الحركة المعجلة بانتظام	$v = v_0 + at$ $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ $v^2 = {v_0}^2 + 2as$	$\omega = \omega_0 + \theta'' t$ $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \theta'' t^2$ $\omega^2 = {\omega_0}^2 + 2\theta''\theta$
القانون الثاني لنيوتين	$F = m a$	$\tau = I \theta''$
العلاقة بين العزم و القوة لكتلة نقطية	$\tau = F r$	
الشغل	$W = F S$	$W = \tau \theta$
طاقة الحركة	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	$K.E = \frac{1}{2} I \omega^2$
القدرة	$P = F V$	$P = \tau \omega$

قوانين خاصة بالحركة الزاوية :

العلاقة بين الازاحة الخطية و الزاوية	$S = \theta r$
الازاحة الزاوية لجسم يدور دورة و احدة	$\theta = 2\pi$
الازاحة الزاوية لجسم يدور عدة دورات	$\theta = N 2\pi$
السرعة الزاوية لجسم يتحرك بسرعة زاوية منتظمة	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
القصور الذاتي الدوراني لكتلة نقطية .	$I = m r^2$
عزم القوة لكتلة نقطية تدور حول محور .	$\tau = F r$

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الثالث : كمية الحركة الخطية

الدرس 3 - 1 : كمية الحركة و الدفع

كمية الحركة :

القصور الذاتي للجسم المتحرك .

حاصل ضرب الكتلة ومتجه السرعة.

$$\vec{P} = m\,\vec{V}$$

P	كمية الحركة	=====>	$Kg\ .\ m/s$
m	الكتلة	=====>	Kg
V	السرعة	=====>	m/s

ملاحظات :

1- كمية الحركة كمية متجهة لانها ناتجة عن حاصل ضرب كمية متجهة (السرعة) في كمية عددية (الكتلة) .

2- تقاس كمية الحركة بوحدة $Kg\ .\ m/s$.

3- يكون لكمية الحركة اتجاه السرعة دائمة , لان كتلة الجسم دائما موجبة .

4- يصعب ايقاف شاحنة كبيرة عن ايقاف سيارة صغيرة تتحرك بالسرعة نفسها لان كمية الحركة الخطية للشاحنة أكبر من السيارة الصغيرة بسبب كتلتها الكبيرة .

5- اذا تحركت سيارتان لهما نفس الكتلة بسرعتين مختلفتين , فأن السيارة الابطأ يسهل ايقافها . لان كمية الحركة لها صغيرة . بسبب سرعتها المنخفضة , بينما كمية الحركة للسيارة السريعة كبيرة بسبب سرعتها العالية .

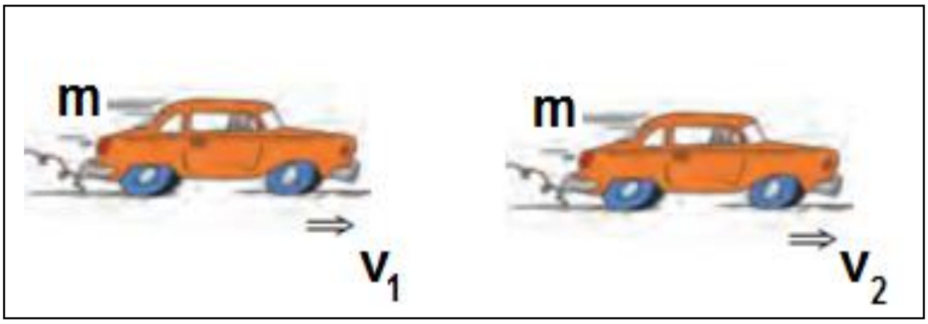
كمية الحركة الخطية لنظام مكون من عدة كتل نقطية :

تساوي كمية الحركة الخطية الكلية للنظام حاصل جمع كمية الحركة لكل جسم .

$$\vec{P}_{system} = \sum\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n$$

حساب التغير فى كمية الحركة الخطية لجسم :

اذا تحرك جسم كتلته m و تغيرت سرعته من v_1 الي v_2 , يمكن حساب التغير في كمية الحركة الخطية له كما يلي :



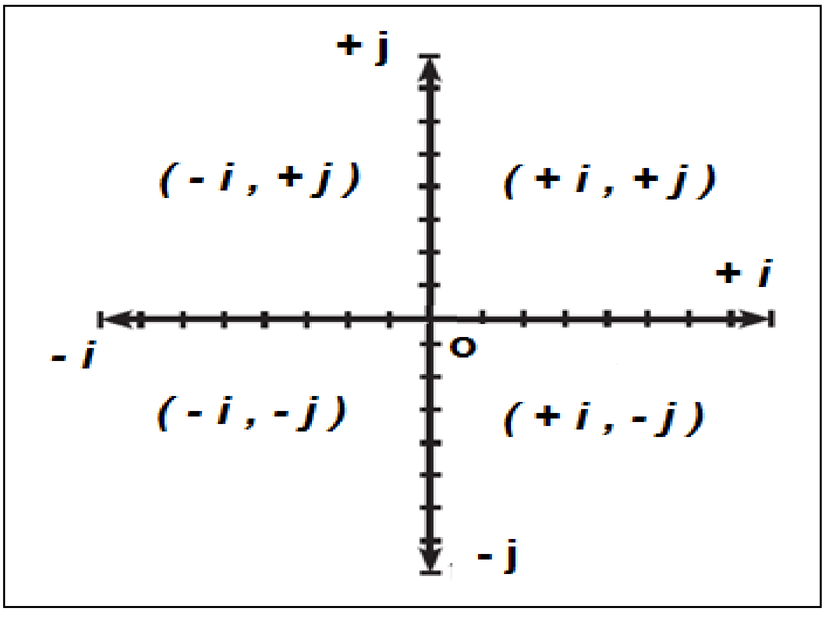
$$P_1 = m\ v_1 \quad ,,,,,,,,,,,,,,, \quad P_2 = m\ v_2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$
$$\Delta P = m\ v_2 - m\ v_1$$
$$\Delta P = m\ (v_2 - v_1)$$
$$\Delta P = m\ \Delta v$$

ΔP	التغير في كمية الحركة	=====>	$Kg\ .\ m/s$
m	الكتلة	=====>	Kg
ΔV	التغير في السرعة	=====>	m/s

احداثيات المتجهات :

يرمز للمحور x بالرمز i و للمحور y بالرمز j و يمكن تمثيل المتجهات كما هو موضح بالشكل التالي :



مثال : يتحرك جسم كتلته $(10)\ kg$ بسرعة $(4)\ m/s$ في الاتجاه الموجب لمحور x أثرت فيه قوة مقدارها $N\ (20)$ فزادت سرعته إلى $(8)\ m/s$ احسب .

(أ) كمية الحركة الخطية الابتدائية

m = 10 kg
$V_1 = +4i$ m/s
$V_2 = +8i$ m/s
$P_1 = ?$

$$\overrightarrow{P_1} = m\,\overrightarrow{V_1}$$
$$\overrightarrow{P_1} = (10)\ (4i) = 40i \text{ kg.m/s}$$

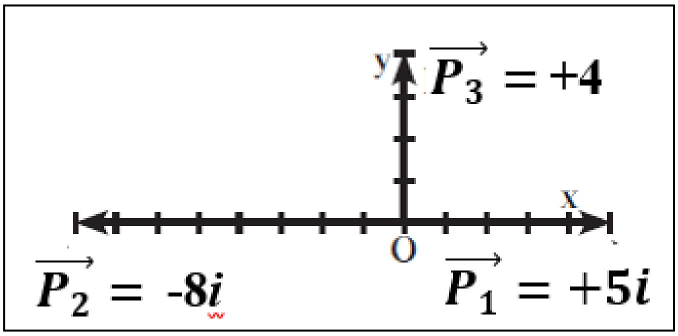
(ب) كمية الحركة الخطية النهائية

$$\overrightarrow{P_2} = m\,\overrightarrow{V_2}$$
$$\overrightarrow{P_2} = (10)\ (8i) = 80i \text{ kg.m/s}$$

(ج) مقدار التغير في كمية الحركة

$$\Delta P = P_2 - P_1$$
$$\Delta P = 80i - 40i = 40i \text{ kg.m/s}$$

مثال $\frac{1}{93}$: في الشكل ثلاث متجهات كمية الحركة لثلاث كتل نقطية , أحسب كمية الحركة المتجهة للنظام .



$\overrightarrow{P_1} = +5i$ kg.m/s
$\overrightarrow{P_2} = -8i$ kg.m/s
$\overrightarrow{P_3} = +4j$ kg.m/s
$P_T = ?$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$
$$P_T = 5i + (-8i) + 4j$$
$$P_T = -3i + 4j \quad \text{kg.m/s}$$

مثال $\frac{2}{112}$: جسم يتحرك بطاقة حركية 150 J و كمية حركة 30 kg.m/s أحسب كتلة الجسم و سرعته الخطية

K.E = 150 J
P = 30 kg.m/s
m = ?
v = ?

$$K.E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m v v = \frac{1}{2} P v$$
$$150 = \frac{1}{2} (30)\ v \quad ====> V = 10 \text{ m/s}$$
$$K.E = \frac{1}{2} m v^2$$
$$150 = \frac{1}{2} m (10)^2 \quad ===> m = 3 \text{ kg}$$

الدفع :

حاصل ضرب مقدار القوة في زمن تأثيرها علي الجسم.

$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$$

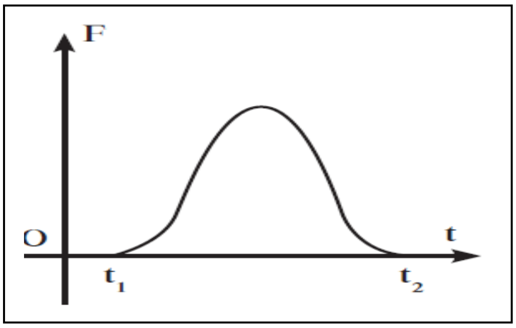
I	الدفع	=====>	N.s
F	القوة	=====>	N
t	الزمن	=====>	s

ملاحظات :

1- الدفع كمية متجهة لانها ناتج عن حاصل ضرب كمية متجهة (القوة) في كمية عددية (الزمن) .

2- الدفع يقاس بوحدة *N.S*

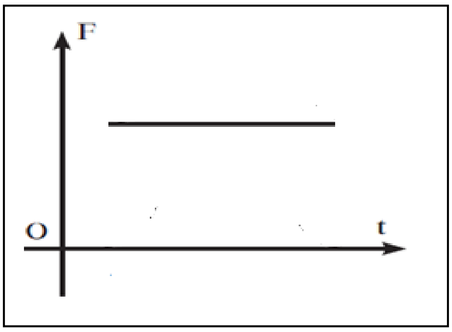
3- الدفع كمية متجهة لها اتجاه القوة . لان الزمن دائما كمية موجبة .



4- القوة المؤثرة تكون دائما قوة متغيرة مثل الدفع الذي تتلقاه كرة من قدم لاعب حيث تتغير قيمة القوة من صفر في لحظة تماس الكرة حتي تصل الي قيمة عظمي ثم تتناقص الي ان تتلاشي . كما بالشكل المقابل

متوسط القوة :

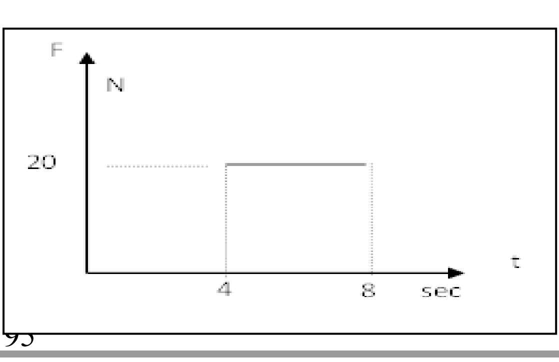
القوة الثابتة التي لو أثرت في الجسم للفترة الزمنية نفسها لأحدثت الدفع نفسه الذي تحدثه القوة المتغيرة.



وبالتالي سنتعامل مع القوة في المسائل علي انها متوسط القوة لتصبح قوة منتظمة .

حساب الدفع بيانيا :

يمكن حساب الدفع بيانيا عن طريق حساب المساحة تحت منحني القوة – الزمن .



مثال : أحسب بيانيا الدفع من الشكل البياني التالي

I = (4) (20)

I = 80 N.S

العلاقة بين الدفع و كمية الحركة الخطية :

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P}$$

$$\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t = \overrightarrow{\Delta P} = m\,\Delta V$$

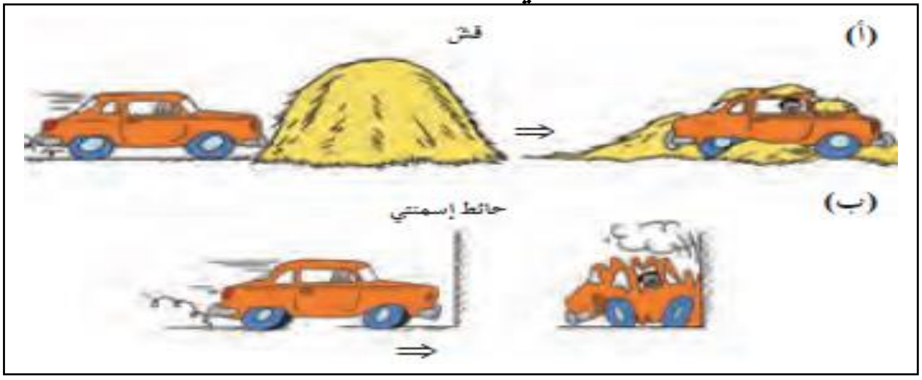
I	الدفع	=====>	N.s
F	القوة	=====>	N
t	الزمن	=====>	s
ΔP	التغير في كمية الحركة	=====>	$Kg\ .\ m/s$
ΔV	التغير في السرعة	=====>	m/s

ملاحظات :

1- الدفع يساوي مقدار التغير في كمية الحركة الخطية .

2- كلما كان تأثير القوة اكبر في الجسم يعني ذلك وجود تغير اكبر في السرعة و بالتالي تغير اكبر في كمية الحركة

3- ان حدث التغير في كمية الحركة في فترة زمنية أطول يكون تأثير قوة الدفع أقل (حالة أ) بينما اذا حدث التغير في كمية الحركة الخطية في فترة زمنية قصيرة يكون تأثير القوة أكبر (حالة ب) , وذلك عند ثبات قيمة التغير في كمية الحركة الخطية .

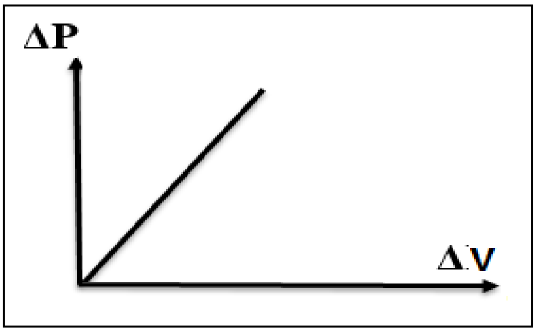


4- كلما كان الدفع الذي يتلقاه الجسم أكبر كلما كان التغير في كمية الحركة أكبر .

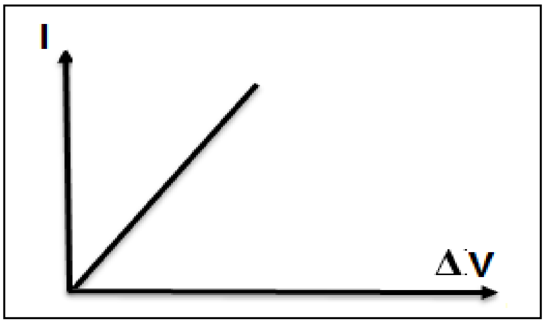
5- اذا كان الدفع في نفس اتجاه الحركة فأن كمية الحركة تزاد (تزداد سرعة الجسم)
اذا كان الدفع في عكس اتجاه الحركة فأن المية الحركة تقل (تقل سرعة الجسم)

6- يمكن ايجاد العديد من العلاقات البيانية طبقا للمعادلة السابقة , وذلك كما يلي

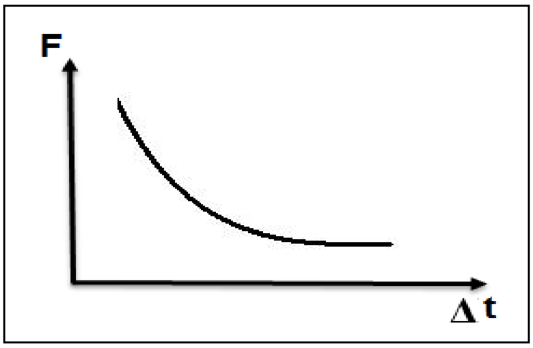
$$\vec{\mathrm{I}} = \vec{\mathrm{F}}\,\Delta t = \overrightarrow{\Delta \mathrm{P}} = m\,\Delta V$$



$m =$ الميل



$m =$ الميل



عند ثبات قيمة التغير في كمية الحركة (الدفع الذي يتلقاه الجسم) فانه عندما يزداد زمن التأثير يقل تأثير قوة الدفع , وعندما يقل زمن التأثير يزداد تأثير قوة الدفع

مثال $\frac{4}{98}$: جسم ساكن كتلته 100 g , تعرض لقوة مقدارها 100 N لفترة زمنية مقدارها 0.01 s أحسب :

1- التغير في كمية الحركة **2- الدفع**

3- التغير في سرعة الجسم **4- سرعة الجسم النهائية**

V_1 = zero
m = 0.1 kg
F = 100 N
Δt = 0.01 s
ΔP = ?
I = ?
ΔV = ?
V_2 = ?

$\overrightarrow{\Delta P} = \vec{F}\Delta t$

$\overrightarrow{\Delta P}$ = (100) (0.01) = 1 kg.m/s

$I = \overrightarrow{\Delta P}$

I = 1 N.S

$\overrightarrow{\Delta P} = m\,\overrightarrow{\Delta V}$

$1 = (0.1)\,\overrightarrow{\Delta V}$

$\Delta V = 10$ m/s

$\Delta V = V_2 - V_1$

$10 = V_2$ – zero

V_2 = 10 m/s

مثال $\frac{5}{98}$: أثرت قوة مقدارها 30000 N لمدة 4 s في كتلة كبية مقدارها 950 kg أحسب :
1- الدفع 2- التغير في مقدار كمية الحركة
3- التغير في متحه السرعة

F = 30000 N
Δt = 4 s
m = 950 kg
I = ?
ΔP = ?
ΔV = ?

$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$
$\vec{I}$ = (30000) (4)
$\vec{I}$ = 120 000 N.S

$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P}$ = 120 000 kg.m/s

$\overrightarrow{\Delta P} = m\,\Delta V$
120 000 = 950 ΔV
ΔV = 126.31 m/s

مثال : جسم كتلته (3) Kg أثرت فيه قوة مقدارها (12) N فزادت سرعته من (10) m/s إلى (18) m/s احسب :

أ – الدفع المعطى للجسم

$\vec{I} = m\,\Delta V$
$\vec{I}$ = (3) (18 – 10) = 24 N.S

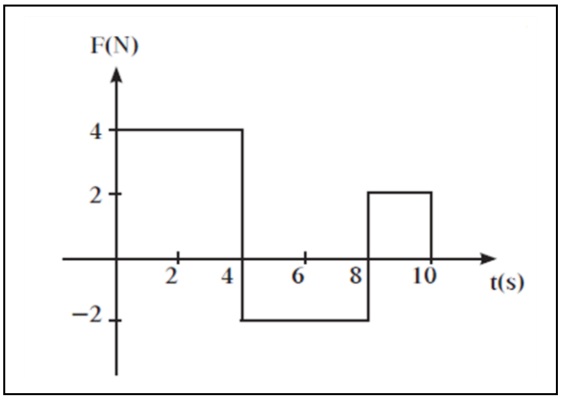
ب – التغير في كمية الحركة للجسم

$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P}$ = 24 kg.m/s

ج – زمن تأثير القوة

$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$
24 = (12) Δt
Δt = $2\ s$

مثال $\frac{6}{113}$ قوة متغيرة تتمثل بالرسم البياني التالي تؤثر في جسم ساكن كتلته 2 kg أحسب :



$m = 2$ kg
V_1 = zero

أ ـ سرعة الجسم عند نهاية الثانية الرابعة

$\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta V$
$\vec{F}\,\Delta t = m\,(V_2 - V_1)$
$(4)\,(4) = (2)\,(V_2 - \text{zero})$
$V_2 = 8$ m/s

ب- الدفع خلال الثانيتين الأخيرتين

$I_3 = (2)\,(2) = 4$ N.S

ج- دفع القوة الكلي

$I_1 = (4)\,(4) = 16$ N.S
$I_2 = (4)\,(-2) = -8$ N.S
$I_3 = (2)\,(2) = 4$ N.S

$I_T = 16 + (-8) + 4 = 12$ N.S

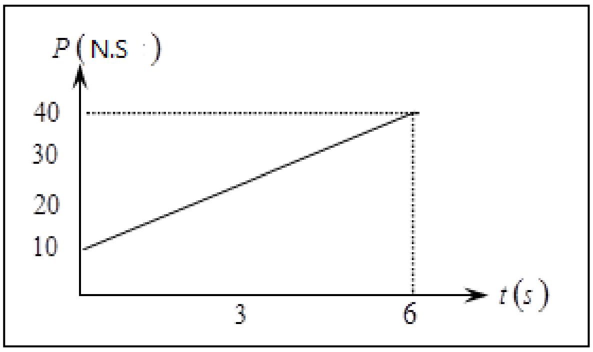
د- الطاقة الحركية في نهاية مدة التأثير

$\vec{I} = m\,\Delta V$
$12 = (2)\,(V_f - \text{zero})$
$V_f = 6$ m/s

$K.E = \frac{1}{2}\, m\, V^2 = \frac{1}{2}\,(2)\,(6)^2 = 36$ J

مثال : يبين الخط البياني الموضح بالشكل التغير في كمية الحركة لجسم كتلته $(2)Kg$ يتحرك في خط مستقيم على سطح أفقي أملس ـ أحسب: .

أـ كمية حركته الخطية الابتدائية.



P_1 = 10 KG.M/S

ب- كمية حركته الخطية النهائية.

P_2 = 40 kg.m/s

جـ التغير في كمية حركته.

$$\overrightarrow{\Delta P} = P_2 - P_1 = 40 - 10 = 30 \text{ Kg.m/s}$$

دـ الدفع الذي تلقاه الجسم.

$$\vec{I} = \overrightarrow{\Delta P} = 30 \text{ kg.m/s}$$

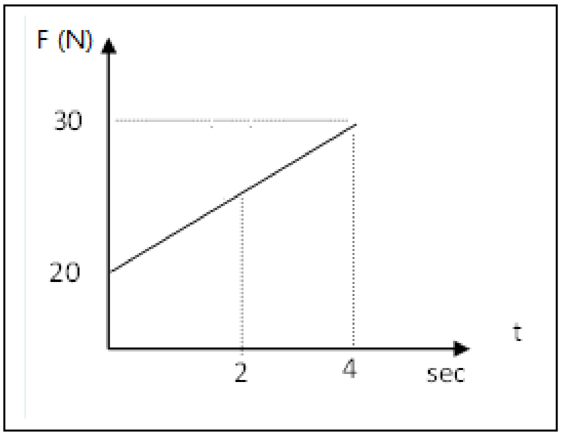
هـ ـ مقدار متوسط القوة المؤثرة عليه

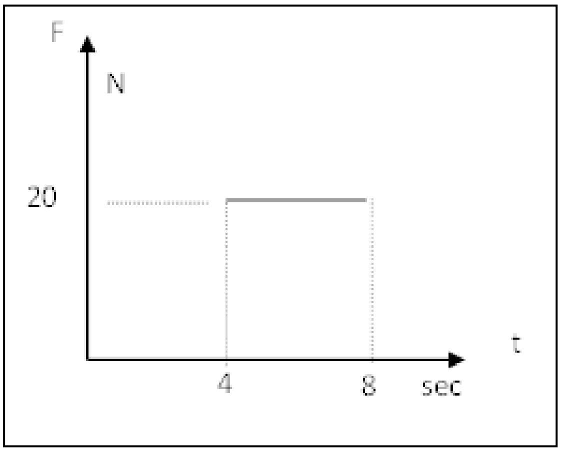
$$\vec{I} = \vec{F}\Delta t$$

30 = F (6)

F = 5 N

مثال ـ من المنحني البياني التالي أحسب التغير في كمية الحركة الخطية للجسم (الدفع الذي يتلقاه الجسم) :





I_1 = (20) (4) = 80 N.S

$I_2 = \frac{1}{2}$ (4) (10) = 20 N.S

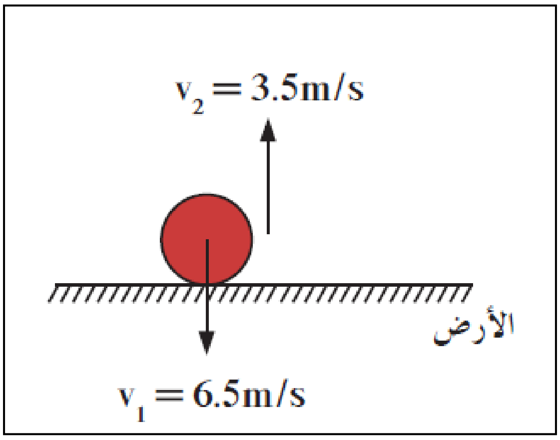
I = 80 + 20 = 100 N.S

I = ΔP = 100 kg.m/s

I = (20) (4) = 80 N.S

I = ΔP = 80 kg.m/s

مثال $\frac{6}{98}$: كرة كتلتها 0.15 kg , اذا كانت سرعتها لحظة اصطدامها بالأرض تساوي 6.5 m/s و سرعة ارتدادها 3.5 m/s , أحسب مقدار و اتجاه القوة المؤثرة في الأرض نتيجة الاصطدام اذا استمر لمدة 0.025 s .



$m = 0.15$ kg
$V_1 = -6.5\, j$ m/s
$V_2 = +3.5\, j$ m/s
$F = ?$
$\Delta t = 0.025$ s

$\vec{F}\,\Delta t = m\,\Delta V$
$\vec{F}\ (0.025) = (0.15)\ [3.5j - (-6.5j)]$
$\vec{F} = 60$ N

مثال : سقطت كرة مطاطية كتلتها 420 gm من مكان مرتفع فوصلت سطح الأرض بسرعة 20 M/S ثم ارتدت رأسيا الي أعلي بسرعة 15 M/S اذا كان زمن تلامسها بألارض 0.1 S أحسب

أ- كمية الحركة الخطية الابتدائية

$\overrightarrow{P_1} = m\,\overrightarrow{V_1}$
$\overrightarrow{P_1} = (0.42)\ (-20j) = -8.4j$ kg.m/s

ب- كمية الحركة الخطية النهائية

$\overrightarrow{P_2} = m\,\overrightarrow{V_2}$
$\overrightarrow{P_2} = (0.42)\ (15j) = +6.3j$ kg.m/s

جـ - مقدار التغير في كمية الحركة

$\Delta P = P_2 - P_1$
$\Delta P = +6.3j - (-8.4j) = +14.7\, j$ kg.m/s

د – القوة المؤثرة في الكرة لحظة اصطدامها بالأرض .

$\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t$
$14.7j = F\ (0.1)$
$F = 147j$ N

القانون الثاني لنيوتين :

مشتق كمية الحركة بالنسبة للزمن يساوي محصلة القوي الخارجية المؤثرة في النظام .

- ويمكن ايجاد صيغة جديدة لقانون نيوتن الثاني كما يلي :

$$\Sigma F = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}\,\Delta t = \overrightarrow{\Delta P}$$

$$\Sigma F = \frac{\overrightarrow{\Delta P}}{\Delta t} = \frac{d\vec{P}}{d\,t}$$

ΔP	*التغير في كمية الحركة*	=====>	*kg m/s*
F	*القوة*	=====>	*N*
Δt	*الزمن*	=====>	*s*
$\frac{d\vec{P}}{d\,t}$	*مشتقة كمية الحركة بالنسبة للزمن*	=====>	*kg m/s²*

مثال $\frac{2}{96}$: كتلة نقطية مقدارها 1 Kg تتحرك بسرعة منتظمة 10 m/s في الاتجاه الموجب لمحور x , أثرت قوة منتظمة علي الجسم لمدة 4 s فخفضت سرعتها الي 2 m/s دون تغير اتجاها , أحسب : 1- كمية الحركة قبل تأثير القوة و بعده
2- الدفع 3- مقدار القوة المؤثرة في الجسم و اتجاها

m = 1 kg
V_1 = +10i m/s
Δt = 4 s
V_2 = + 2i m/s
P_1 = ?
P_2 = ?
ΔP = ?
I = ?
F = ?

$$\overrightarrow{P_1} = m\overrightarrow{V_1}$$
$$\overrightarrow{P_1} = (1)\,(10i) = 10i \text{ kg.m/s}$$

$$\overrightarrow{P_2} = m\overrightarrow{V_2}$$
$$\overrightarrow{P_2} = (1)\,(2i) = 2i \text{ kg.m/s}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$
$$\Delta P = 2i - 10i = -8i \text{ kg.m/s}$$

$$I = \Delta P = -8i \text{ kg.m/s}$$

$$\vec{I} = \vec{F}\,\Delta t$$
$$-8i = F\,(4)$$
$$F = -2i \text{ N}$$

الوحدة الأولي : الحركة

الفصل الثاني : كمية الحركة الخطية

الدرس 3 - 2 : حفظ كمية الحركة الخطية
التصادمات

حفظ (بقاء) كمية الحركة :

في غياب القوى الخارجية المؤثرة , تبقي كمية الحركة للنظام ثابتة ومنتظمة و لا تتغير .

- لأحداث تغير في كمية الحركة الخطية للجسم لابد من وجود دفع يؤثر فيه اي قوة خارجية تؤثر في النظام . لكن القوى الداخلية لا تحدث شغلا , علي سبيل المثال

- قوى التفاعل بين الجزيئات الموجودة داخل كرة القدم ليس لها تأثير في تغير سرعتها و كمية حركتها .

- اذا دفعت مقعد السيارة الامامي فيما تجلس أنت في المقعد الخلفي لا يحدث ذلك تغير في كمية الحركة للسيارة أو في سرعتها .

وذلك لان قوي التفاعل بين الجزيئات أو قوتك المبذولة علي المقعد هي قوى داخلية تتواجد علي شكل زوج من القوى المتزنة (محصلتها تساوي صفر) وبالتالي يلغي تأثيرها داخل الجسم .

وبالتالي : لا يحدث تغير في كمية الحركة الا في وجود قوة خارجية مؤثرة على النظام أو الجسم .

اذا كانت القوة الخارجية المؤثرة علي النظام تساوي صفر

$$\Sigma F_{ext} = \frac{d\,\vec{P}}{d\,t} = ZERO$$

- والكمية الفزيائية التي لا تتغير مع الزمن تعتبر كمية محفوظة .

هناك أمثلة عديدة محفوظ فيها كمية الحركة مثل :

1- النشاط الاشعاعي للذرات 2- تصادم السيارات

3- انفجار النجوم 4-التفاعل بين جزيئات الغاز داخل الكرة

- لان القوى المؤثرة في هذة الانظمة لا تحدث تغير في كمية الحركة .

لكن :

عندما تؤثر قوى خارجية علي النظام فأن كمية الحركة تصبح غير محفوظة و تتغير مقادر السرعة أو اتجاها او المقدار و الاتجاه معا .

مثال : - عندما تؤثر قوة الاحتكاك علي السيارة المتحركة في خط مستقيم فأن مقدار سرعة السيارة تتغير و تتغير كمية الحركة .

- في الحركة الدائرية يتغير اتجاه السرعة الخطية من نقطة الي أخري و بالتالي يحدث تغير في كمية الحركة .

مثال $\frac{1}{112}$: سيارة كتلتها 1500 kg تتحرك بسرعة 120 km/hr قرر السائق تخفيض سرعتها , هل كمية حركة النظام محفوظة ؟ أحسب متوسط القوة المبذولة لايقاف السايرة خلال 8 s .

$m = 1500$ kg
$v_1 = 120$ km/hr
$v_2 =$ zero
$F = ?$
$\Delta t = 8$ s

كمية الحركة غير محفوظة بسبب وجود قوة الاحتكاك و هي قوة خارجية تؤثر علي السيارة عند استخدام الفرامل

$P_1 = m\,v_1 = (1500)\,(120 \times \frac{1000}{3600}) = 50000$ kg m/s

$P_2 = m\,v_2 =$ zero

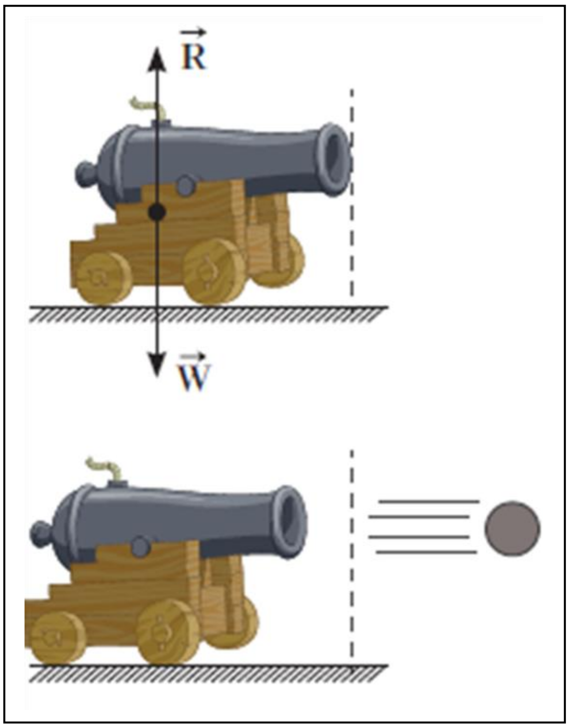
$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 - 50000 = -50000$ kgm/s

$\Delta P = F\,\Delta t$

$-50000 = F\,(8)$

$F = -6250$ N

سرعة ارتداد المدفع



النظام المكون من المدفع و القذيفة متزن قبل الأطلاق لان وزن المدفع لاسفل مساوي لقوة رد الفعل لأعلي .

يعتبر ارتداد المدفع عند اطلاق القذيفة أحد تطبيقات حفظ كمية الحركة , لان عند الاطلاق ينفجر البارود ويقذف القذيفة خارج المدفع و تعتبر قوى داخلية و تبقي القوى الخارجية تساوي صفر .

وبالتالي :

$$\Delta\vec{P} = zero$$

$$\vec{P}_i = \vec{P}_f$$

وحيث أن المدفع و القذيفة كانا ساكنتان قبل الاطلاق يصبح $\vec{P}_i = ZERO$ وبالتالي :

$$0 = \vec{P}_f$$

$$0 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$

$$- m_2\vec{v}'_2 = m_1\vec{v}'_1$$

- الاشارة السالبة تعني أن السرعتين متعاكستين نتيجة الارتداد .

وبالمثل يمكن حساب سرعة ارتداد أي جسم .

مثال : طلقة مسدس كتلتها (50)g انطلقت بسرعة (120)m/s من مسدس كتلته (600) g احسب سرعة ارتداد المسدس

$m_{طلقة} = 0.05\ kg$

$v_{طلقة} = 120\ m/s$

$m_{مسدس} = 0.6\ kg$

$V_{مسدس} = ?$

$(m\ v)_{مسدس} = (m\ v)_{طلقة}$

$(0.6)\ v_{مسدس} = - (0.05)\ (120)$

$v_{مسدس} = - 10\ m/s$

مثال $\frac{1}{101}$ الهامش : انفجر جسم كتلته 200 gm و انقسم الي نصفين متساوين , أحسب سرعة الجزء الثاني منه اذا كانت سرعة الجسم الأول 0.1 m/s- علي المحور الأفقي بالاتجاه السالب .

$m = 0.2$ kg
$v_2 = ?$
$v_1 = -0.1$ m/s

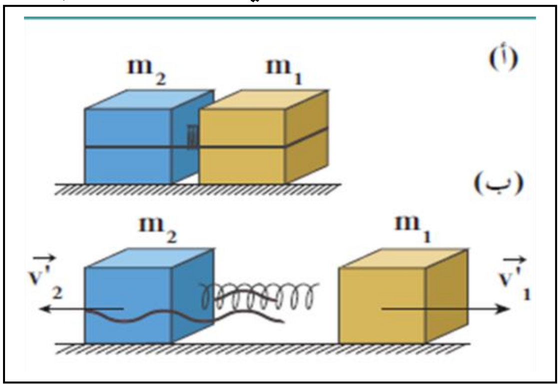
$v_2 = +0.1$ m/s

مثال $\frac{2}{101}$ الهامش: يقف رجل كتلته 76 kg علي لوح خشبي طافي كتلته 45 kg اذا خطا بعيدا عن اللوح الخشبي بسرعة 2.5 m/s , كم ستبلغ سرعة اللوح الخشبي .

$m_{رجل} = 76$ kg
$m_{لوح} = 45$ kg
$v_{رجل} = 2.5$ m/s
$v_{لوح} = ?$

$(m\,v)_{رجل} = -(m\,v)_{لوح}$
$(76)(2.5) = -(45)\,v_{لوح}$
$v_{لوح} = -4.2$ m/s

مثال $\frac{1}{102}$: كتلتان نقطيتان مقدارهما $m_1 = 1$kg , $m_2 = 2$ kg مربوطان بخيط و تضغطان زنبرك بينهما وموضعان علي سطح أفقي عديم الاحتكاك , عند حرق الخيط يتحرر الزنبرك و يدفع الكتلتين فتتحرك m_1 بسرعة 1.8 m/s بالاتجاه الموجب علي المحور x , هل كمية حركة النظام محفوظة ؟ أحسب سرعة الكتلة m_2



$m_1 = 1$ kg
$m_2 = 2$ kg
$v_1 = +1.8\,i$
$v_2 = ?$

$(m_1 v_1) = -(m_2 v_2)$
$(1)(+1.8\,i) = -(2)\,v_2$
$v_2 = -0.9\,i$ m/s

التصادمات :

التصادمات غالبا في فترة زمنية قصيرة للغاية لذلك تكون القوة الخارجية المؤثرة مهملة بالنسبة للقوة الداخلية المسببة للتصادم . وبالتالي يعتبر التصادم نظاما معزولا .

- كذلك في عملية الانفجار تحدث ايضا في فترة زمنية قصيرة لذلك تعتبر القوة الخارجية مهملة بالنسبة للقوة الداخلية الهائلة . وبالتالي يعتبر الانفجار نظاما معزولا .

وبالتالي : اذا حصلت عملية تصادم او انفجار في فترة زمنية قصيرة جدا تكون كمية حركة النظام محفوظة .

كمية الحركة للنظام قبل التصادم = كمية الحركة للنظام بعد التصادم

انواع التصادمات:

تصادمات مرنة كليا	تصادمات لا مرنة	
	تصادم لا مرن	تصادم لا مرن كليا
تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم = الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم	تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم ≠ الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم	
	ترتد الجزيئات بعيدا عن بعضها البعض بسرعات مختلفة عن سرعتها قبل التصادم	يؤدي التصادم الي التحام الاجسام المتصادمة لتصبح جسما واحدا
لا ينتج تشوهات او يولد حرارة بين الاجسام المتصادمة	يتحول الفقد في الطاقة الحركية الي تشوهات في شكل النظام	
مثال : تصادم الجزيئات الصغيرة		مثال: البندول القذفي

1- التصادم المرن كليا :

تكون كمية الحركة للنظام محفوظة

كمية الحركة للنظام بعد التصادم = كمية الحركة للنظام قبل التصادم

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$

تكون الطاقة الحركية للنظام محفوظة

الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم = الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم

$$K.E'_{\text{قبل}} = K.E_{\text{بعد}}$$

$$\frac{1}{2}\,m\,v_1^2 + \frac{1}{2}\,m\,v_2^2 = \frac{1}{2}\,m\,v'^2_1 + \frac{1}{2}\,m\,v'^2_2$$

يمكن حساب سرعة كلا من الجسمين بعد التصادم من العلاقات التالية :

$$\vec{v}'_1 = \frac{2\,m_2\,\vec{v}_2 + (\,m_1 - m_2\,)\vec{v}_1}{(\,m_1 + m_2\,)}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2\,m_1\,\vec{v}_1 - (\,m_1 - m_2\,)\vec{v}_2}{(\,m_1 + m_2\,)}$$

حالات خاصة :

اذا كانت الكتلة m_2 ساكنة قبل التصادم يكون :

1- اذا كانت الكتلة m_1 أكبر من الكتلة m_2 ستتحرك الكتلتان بعد التصادم باتجاه v_1

2- اذا كانت الكتلة m_1 أصغر من الكتلة m_2 سترتد m_1 بعكس اتجاه v_1 و تتحرك الكتلة m_2 في اتجاه v_1

3- اذا كانت $m_1 = m_2$ نجد أن m_1 بعد التصادم تصبح ساكنة و تتحرك الكتلة m_2 في اتجاه v_1 وبنفس المقدار .(كمية الحركة انتقلت كليا من الجسم 1 الي الجسم 2)

مثال: يتحرك جسم كتلتة 5 kg بسرعة مقدارها 2 m/s في الاتجاه الموجب +x تصادم مع جسم أخر كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 2m/s عكس اتجاه حركة الجسم الأول أحسب سرعة كلا من الجسمين بعد التصادم وحدد اتجاه كل منهما .

$m_1 = 5$ kg
$v_1 = +2\,i$ m/s
$m_2 = 3$ kg
$v_2 = -2\,i$ m/s
$\vec{v}'_1 = ?$
$\vec{v}'_2 = ?$

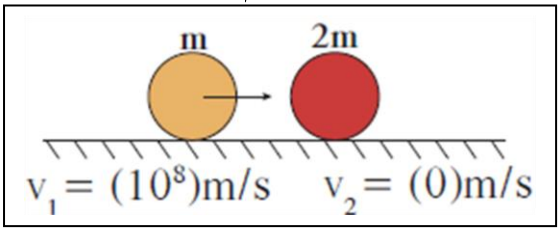
$$\vec{v}'_1 = \frac{2\,m_2\,\vec{v}_2 + (\,m_1 - \,m_2\,)\vec{v}_1}{(\,m_1 + \,m_2\,)}$$

$$\vec{v}'_1 = \frac{[2\,(3)(-2\,i\,)]+[(\,5-3\,)(2i\,)]}{(\,5+3\,)} = -\,1\,i \text{ m/s}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2\,m_1\,\vec{v}_1 - (\,m_1 - \,m_2\,)\vec{v}_2}{(\,m_1 + \,m_2\,)}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{[2\,(5)(2\,i\,)]-[(\,5-3\,)(-2i\,)]}{(\,5+3\,)} = +\,3\,i \text{ m/s}$$

مثال $\frac{2}{104}$: نيوترون كتلته $1.67\text{x}10^{-27}$ kg و سرعته الابتدائية $10^8\,i$ m/s تصادم مع جسيم ساكن كتلته ضعف كتلة النيترون , أحسب سرعة الجسمين بعد التصادم بفرض انه تصادم تام المرونة



$m_1 = 1.6\text{x}10^{-27}$ kg
$v_1 = +10^8\,i$ m/s
$m_2 = 3.2\text{x}10^{-27}$ kg
$v_2 =$ zero
$\vec{v}'_1 = ?$
$\vec{v}'_2 = ?$

$$\vec{v}'_1 = \frac{2\,m_2\,\vec{v}_2 + (\,m_1 - \,m_2\,)\vec{v}_1}{(\,m_1 + \,m_2\,)}$$

$$\vec{v}'_1 = \frac{(\,1.6\text{x}10^{-27} - 3.2\text{x}10^{-27}\,)(+10^8\,i\,)}{(\,1.6\text{x}10^{-27} + 3.2\text{x}10^{-27}\,)}$$

$\vec{v}'_1 = -\,0.33\text{x}10^6\,i$ m/s

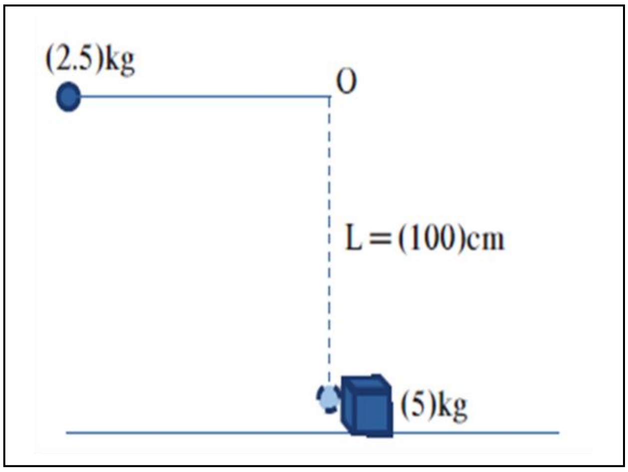
$$\vec{v}'_2 = \frac{2\,m_1\,\vec{v}_1 - (\,m_1 - \,m_2\,)\vec{v}_2}{(\,m_1 + \,m_2\,)}$$

$$\vec{v}'_2 = \frac{2\,(1.6\text{x}10^{-27})(+10^8\,i\,)}{(\,1.6\text{x}10^{-27} + 3.2\text{x}10^{-27}\,)} = +\,0.66\text{x}10^6\,i \text{ m/s}$$

مثال $\frac{5}{113}$: كرة حديدة مصمتة كتلتها 2.5 kg مربوطة بخيط عديم الوزن لا يتمدد طوله 100 cm ومثبت من النقطة O , سحبت الكرة ليصبح الحبل أفقيا مشدودا , و تركت لتتحرك من السكون لتصطدم تصادما مرنا بمكعب حديدي كتلته 5 kg , أحسب

1- سرعة الكرة قبل اصطدامها بالمكعب .

2- سرعة الكرة و المكعب بعد التصادم مباشرة .



$m_1 = 2.5$ kg
$m_2 = 5$ kg
L = 1 M
$\theta_m = 90^0$
$v_1 = ?$
$v_1 =$ zero
$\vec{v}'_1 = ?$
$\vec{v}'_2 = ?$

$M.E_{\text{اقصي ارتفاع}} = M.E_{\text{الأتزان}}$

$(K.E + P.E)_{\text{اقصي ارتفاع}} = (K.E + P.E)_{\text{الأتزان}}$

$K.E_{\text{اقصي ارتفاع}} = \text{zero}$,, $P.E_{\text{الأتزان}} = \text{zero}$

$P.E_{\text{اقصي ارتفاع}} = K.E_{\text{الأتزان}}$

$m_1 gL(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} m_1 v_1^2$

$gL(1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} v_1^2$

$[(10)(1)(1 - \cos(90)] = \frac{1}{2} v_1^2$

$v_1 = +4.47\,i$ m/s

$$\vec{v}'_1 = \frac{2m_2\vec{v}_2 + (m_1 - m_2)\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{[(2.5 - 5)(+4.47\,i)]}{(2.5 + 5)} = -1.49\,i \text{ m/s}$$

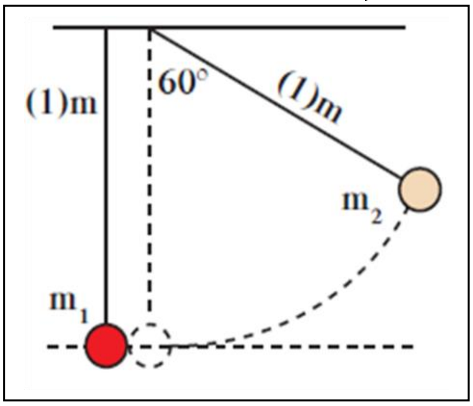
$$\vec{v}'_2 = \frac{2m_1\vec{v}_1 - (m_1 - m_2)\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{[2(2.5)(+4.47\,i)]}{(2.5 + 5)} = +2.98\,i \text{ m/s}$$

مثال $\frac{7}{109}$: كرتان كتلة الأولي 200 g و الثانية 400 g معلقتان و متزنتان بخيطين طول كل خيط 1 M بجانب بعضهما البعض , سحبت الكرة الثانية بحيث بقي الخيط مشدود و صنع زاوية 60^0 مع الخيط العمودي , وترك يتحرك نحو الكرة m_1 الساكنة , أحسب

1- سرعة الكرة m_2 قبل التصادم مباشرة .

2- سرعة الكرتين بعد التصادم بفرض أن التصادم تام المرونة

3- الارتفاع الذي تصل اليه الكرتين بعد التصادم



$m_1 = 0.2$ kg
$m_2 = 0.4$ kg
L = 1 M
$\theta_m = 60^0$
v_2 = ?
h_1 = ?
h_2 = ?

$M.E_{\text{اقصي ارتفاع}} = M.E_{\text{الأتزان}}$

K.E + P.E = K.E + P.E

$K.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$ = zero ,, $P.E_{\text{الأتزان}}$ = zero

$m_2 gL (1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} m_2 v_2^2$

$gL (1 - \cos\theta) = \frac{1}{2} v_2^2$

$[(10) (1) (1 - \cos(60)] = \frac{1}{2} v_2^2$

$v_2 = - 3.16\, i$ m/s

$$\vec{v}_1' = \frac{2\, m_2\, \vec{v}_2 + (m_1 - m_2)\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)} = \frac{[2\,(0.4)(-3.16\, i)]}{(0.2 + 0.4)} = -4.2\, i \text{ m/s}$$

$$\vec{v}_2' = \frac{2\, m_1\, \vec{v}_1 - (m_1 - m_2)\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)} = \frac{-[(0.2 - 0.4)(-3.16 i)]}{(0.2 + 0.4)} = -1.05\, i \text{ m/s}$$

الجسم الأول

$M.E_{\text{الأتزان}} = M.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$

K.E = P.E

$\frac{1}{2} m_1 \vec{v}_1' = m_1 g h_1$

$\frac{1}{2} \vec{v}_1' = g h_1$

$\frac{1}{2} (- 4.2)^2 = 10 h_1$

$h_1 = 0.882$ M

الجسم الثاني

$M.E_{\text{الأتزان}} = M.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$

K.E = P.E

$\frac{1}{2} m_2 \vec{v}_2' = m_2 g h_2$

$\frac{1}{2} \vec{v}_2' = g h_2$

$\frac{1}{2} (- 1.05)^2 = 10 h_2$

$h_2 = 0.055$ M

2- التصادم الامرن كليا :

تكون كمية الحركة للنظام محفوظة
كمية الحركة للنظام بعد التصادم = كمية الحركة للنظام قبل التصادم

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}'$$

تكون الطاقة الحركية للنظام غير محفوظة
الطاقة الحركية للنظام بعد التصادم ≠ الطاقة الحركية للنظام قبل التصادم

$$K.E'_{\text{قبل}} \neq K.E_{\text{بعد}}$$

$$\frac{1}{2} m\, v_1^2 + \frac{1}{2} m\, v_2^2 \neq \frac{1}{2} (m_1 + m_2)\, \vec{v}'^{2}$$

يمكن حساب سرعة جملة الجسمين(النظام) بعد التصادم من العلاقات التالية :

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

مثال: يتحرك جسم كتلتة 5kg بسرعة 3 m/s شمالا (الاتجاه الموجب لمحور y) تصادم مع جسم اخر كتلته 3 kg يتحرك بسرعة 6m/s جنوبا (الاتجاه السالب لمحور y) اذا التحم الجسمان و تحركا كجسم واحد أحسب :

1- السرعة المشتركة للنظام بعد التصادم .

$m_1 = 5$ kg
$v_1 = +3\,j$ m/s
$m_2 = 3$ kg
$v_2 = -6\,j$ m/s
$\vec{v}' = ?$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+3\,j)]+[(3)(-6\,j)]}{(5+3)} = -\,0.375\,j \text{ m/s}$$

2- الفقد في الطاقة الحركية (اين تذهب الطاقة المفقودة)

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2} m\, v_1^2 + \frac{1}{2} m\, v_2^2$$

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2}(5)(3)^2 + \frac{1}{2}(3)(-6)^2 = 76.5 \text{ J}$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\,\vec{v}'^2$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(5+3)(-0.375)^2 = 0.562 \text{ J}$$

$$\Delta K.E = K.E_{\text{بعد}} - K.E_{\text{قبل}}$$

$$\Delta K.E = 0.562 - 76.5 = -\,75.93 \text{ J}$$

تتحول الطاقة المفقودة الي تشوه في الجسمين و حرارة.

مثال $\frac{3}{107}$: كرتان من الصلصال تتصادمان تصادما لا مرنا كليا , كتلة الكرة الأولي 0.5 kg و تتحرك الي اليمين بسرعة 4 m/s بينما الكرة الثانية كتلتها 0.25 kg و تتحرك نحو اليسار بسرعة 3 m/s أحسب :

1- سرعة النظام المؤلف من الكتلتين بعد التصادم

$m_1 = 0.5$ kg
$v_1 = +4\,i$ m/s
$m_2 = 0.25$ kg
$v_2 = -3\,i$ m/s
$\vec{v}' = ?$
$\Delta K.E = ?$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(0.5)(+4\,i)]+[(0.25)(-3\,i)]}{(0.5+0.25)} = +1.66\ i \text{ m/s}$$

2- مقدار التغير في مقدار الطاقة الحركية .

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2}\,m\,v_1^2 + \frac{1}{2}\,m\,v_2^2$$

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2}(0.5)(4)^2 + \frac{1}{2}(0.25)(-3)^2 = 5.125 \text{ J}$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\,\vec{v}'^2$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(0.5 + 0.25)(1.66)^2 = 1.033 \text{ J}$$

$$\Delta K.E = K.E_{\text{بعد}} - K.E_{\text{قبل}}$$

$$\Delta K.E = 1.033 - 5.125 = -4.0916 \text{ J}$$

مثال $\frac{6}{109}$: سمكة كبيرة كتلتها 5 kg تتحرك بسرعة 1 m/s باتجاه سمكة صغيرة ساكنة كتلتها 1 kg , أحسب : 1- سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها السمكة الصغيرة
2- اذا كانت السمكة الصغيرة تسبح بسرعة 4 m/s عكس حركة السمكة الكبيرة , كم تبلغ سرعة السمكة الكبيرة بعد ابتلاعها .

(1)

$m_1 = 5$ kg
$v_1 = +1\, i$ m/s
$m_2 = 1$ kg
$v_2 =$ zero
$\vec{v}' = ?$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+1\, i)]}{(5 + 1)}$$

$\vec{v}' = +0.833\ i$ m/s

(2)

$m_1 = 5$ kg
$v_1 = +1\, i$ m/s
$m_2 = 1$ kg
$v_2 = -4\, i$ m/s
$\vec{v}' = ?$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(5)(+1\, i)]+[(1)(-4\, i)]}{(5+1)}$$

$\vec{v}' = +0.166\ i$ m/s

مثال $\frac{4}{113}$: متزلج علي الجليد كتلته 60 kg يقف ساكنا عندما اتجه نحوه متزلج اخر كتلته 40 kg بسرعة 12 km/hr , ليمسك به و يتحركان كنظام واحد بسرعة V أحسب :
1- سرعة النظام بعد التصادم .

$m_1 = 60$ kg
$v_1 =$ zero
$m_2 = 40$ kg
$v_2 = 12\, i$ km/h
$\vec{v}' = ?$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(60)(\text{zero})]+[(40)(12\, i)]}{(60+40)} = 4.8\ i \text{ km/h}$$

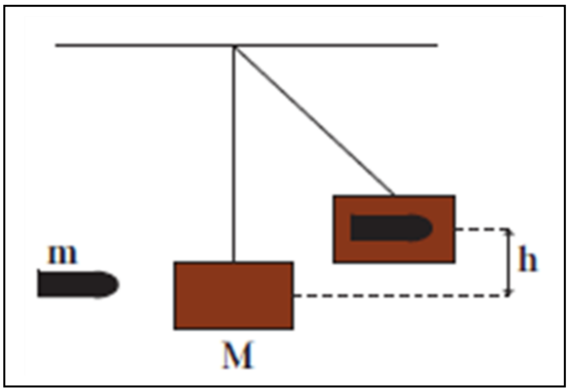
2- الطاقة الحركية للنظام قبل و بعد التصادم .

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2} m\, v_1^2 + \frac{1}{2} m\, v_2^2$$

$$K.E_{\text{قبل}} = \frac{1}{2}(60)(\text{zero})^2 + \frac{1}{2}(40)\left(12 \times \frac{1000}{3600}\right)^2 = 221.77 \text{ J}$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)\,\vec{v}'^2$$

$$K.E_{\text{بعد}} = \frac{1}{2}(60 + 40)\left(4.8 \times \frac{1000}{3600}\right)^2 = 1.033 \text{ J}$$



البندول القذفي :

هو جهاز يستخدم في قياس سرعة القذائف

- عند انطلاق الطلقة ذو كتلة m_1 تصطدم بالكتلة m_2 المعلقة في البندول القذفي ليتحرك جملة الجسمين $(m_1 + m_2)$ بسرعة مشتركة v'

عند النقطة M : (المستوى المرجعى)

$$M.E_M = K.E + P.E$$

$$P.E = zero$$

$$M.E_M = K.E = \frac{1}{2}\,(m_1 + m_2)\,v'^2$$

عند أقصى ارتفاع : تتوقف القذيفة عن الحركة

$$M.E_{\text{أقصي ارتفاع}} = K.E + P.E$$

$$K.E = zero$$

$$M.E_{\text{أقصي ارتفاع}} = P.E = (m_1 + m_2)\, g\, h$$

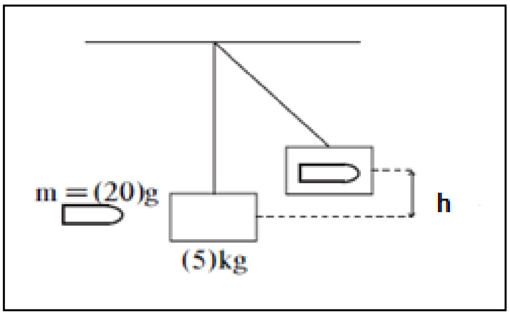
وبما ان الطاقة محفوظة يكون :

$$M.E_M = M.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$$

$$\frac{1}{2}\,(m_1 + m_2)\,v'^2 = (m_1 + m_2)\, g\, h$$

مثال : طلقة كتلتها 20 g انطلقت بسرعة 300 m/s لتصطدم بالبندول القذفي المثيت فيه كلتة ساكنة مقدارها 5 kg , احسب :

1- السرعة التي يتحرك بها جملة الجسمين بعد التصادم .



$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$\vec{v}' = \frac{[(0.02)\,(300)]}{(0.02 + 5)} = 1.195 \text{ m/s}$$

2- أقصي ارتفاع للبندول القذفي بعد التصادم .

$M.E_M = M.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$

$(K.E + P.E)_M = (K.E + P.E)_{\text{اقصي ارتفاع}}$

$K.E_{\text{اقصي ارتفاع}} = zero$,, $P.E_M = zero$

$K.E_M = P.E_{\text{اقصي ارتفاع}}$

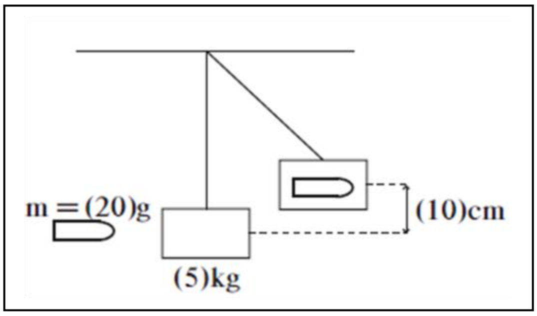
$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)\,v'^2 = (m_1 + m_2)\,g\,h$

$\frac{1}{2}\,v'^2 = g\,h$

$(1.195)^2 = (10)\,h\frac{1}{2}$

$h = 0.071$ m

مثال $\frac{8}{109}$: أطلقت رصاصة كتلتها 20 g علي بندول قذفي ساكن كتلته 5 kg فارتفع مسافة 10 cm عن المستوي الأفقي , أحسب
1- سرعة الرصاصة عند انطلاقها



M.E$_M$ = M.E اقصي ارتفاع
(K.E + P.E)$_M$ = (K.E + P.E) اقصي ارتفاع

K.E اقصي ارتفاع **= zero ,, P.E$_M$= zero**

K.E$_M$ = P.E اقصي ارتفاع

$$\frac{1}{2}\,(m_1+m_2)\,v'^2 = (m_1+m_2)\,g\,h$$

$$\frac{1}{2}\,v'^2 = g\,h$$

$$\frac{1}{2}\,v'^2 = (10)\,(0.1)$$

$$v' = 1.41 \text{ m/s}$$

$$\vec{v}' = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\,\vec{v}_2}{(m_1 + m_2)}$$

$$1.41 = \frac{[(0.02)\,\vec{v}_1]}{(0.02 + 5)}$$

$$v_1 = 353.31 \text{ m/s}$$

2- هل التصادم مرن ؟

التصادم لا مرن كليا , لان التصادم نتج عنه التحام الجسمين و تحركا بسرعة مشتركة .